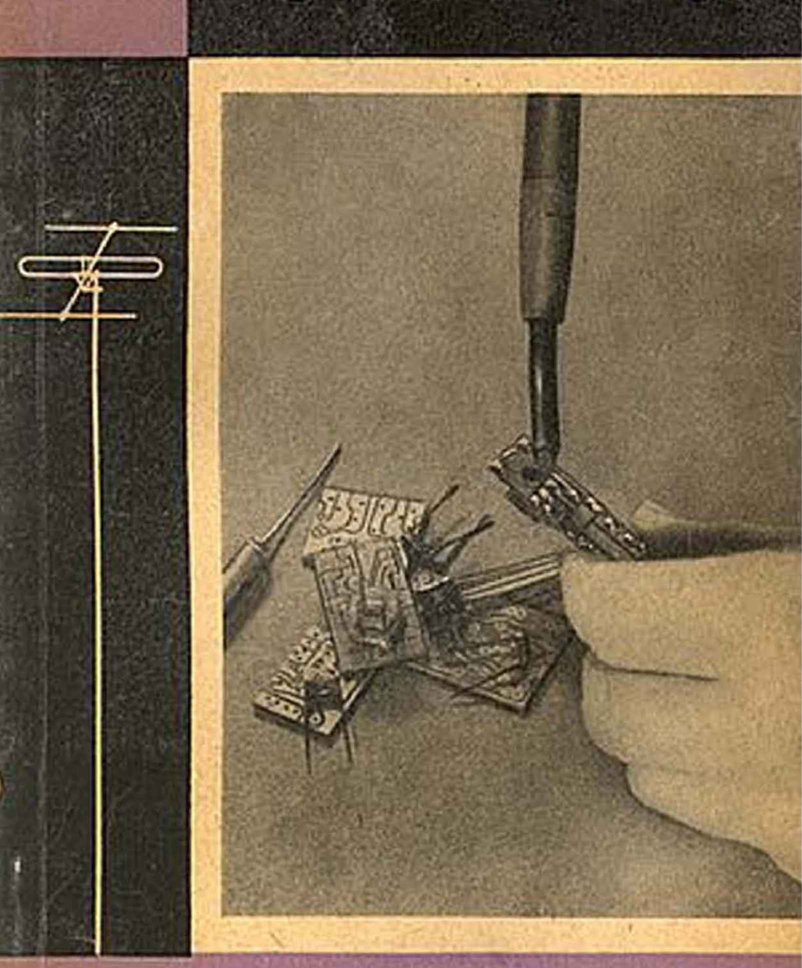
31 DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR



Klaus Schlenzig

Die Technik der gedruckten Schaltung

Teil II: Praxis – Leiterplatte liegt bei!

Der praktische Funkamateur · Band 31

Die Technik der gedruckten Schaltung für den Amateur

Teil II: Praxis

Klaus Schlenzig

Die Technik der gedruckten Schaltung für den Amateur

Teil II: Praxis



Deutscher Militärverlag

Redaktionsschluß: 31. August 1962

VORWORT

Die vorliegende Broschüre schließt thematisch an den 1962 erschienenen ersten Teil an und behandelt Bearbeitung und Einsatz der Leiterplatte an verschiedenen Gerätebeispielen. Die den Bestrebungen nach Kleinbautechnik entgegenkommende Konstruktionsform der gedruckten Schaltung führt zu zahlreichen speziellen mechanisch-elektrischen Bauelementen, vor allem bei solchen, die der festen oder lösbaren Verbindung von Stromkreisen dienen (Armaturen zum Anpassen an die Leiterplatte, Kontaktbauelemente, Lötpunkte usw.). Die konsequente Anwendung von Leiterplattenhalbzeug gestattet dem Amateur die Herstellung sehr zweckmäßiger, im Handel nicht erhältlicher Bauteile. Eine Zentralisierung der Anfertigung bestimmter Bauelemente aus dieser Sammlung, z. B. von Wendelbuchsenschnüren oder gedruckten Schaltern, in den zentralen Amateur-Radioklubs kann hier von großem Nutzen sein. Ähnliches gilt für die Standardisierung von Leiterplatten für einzelne Baugruppen, wie sie in der vorliegenden Broschüre geschildert werden.
Kupferkaschiertes Halbzeug ist heute jedem Amateur in genügender Menge zugänglich. Auf den folgenden Seiten wird er Anregungen finden, es auf die verschiedenste Weise einzusetzen. Diese lassen sich beliebig fortsetzen, und es empfiehlt sich, sie auch in der die Belange des Amateurs berücksichtigenden Fachpresse zu verfolgen.
Allen Interessenten wünsche ich bei der Beschäftigung mit der gedruckten Schaltung viel Erfolg.

Berlin, Juni 1962 Klaus Schlenzig

1. BEARBEITUNG DER LEITERPLATTE

Nach Ablauf der in Teil I geschilderten Arbeitsgänge liegt die Leiterplatte im Rohzustand vor, mit gesäuberter, vor Oxydation geschützter und lötfähiger Kupferfolie. Bei der weiteren Verarbeitung bis zur Ausführung der letzten Lötstelle ist es notwendig, diese Oberfläche sauberzuhalten, damit einwandfreies Löten möglich bleibt. Aus diesem Grunde empfiehlt sich die Einhaltung der Reihenfolge Bohren — Sägen — Bestücken — Löten. Beim Bohren kann auf diese Weise die Platte außerhalb des Musters gehalten werden. Anderenfalls drücken sich leicht Bohrspäne in das Kolophonium ein. Bei der späteren Lötung zersetzen sich diese unter dem Einfluß der Lötwärme und verhindern eine einwandfreie Lötstelle. Der Kolophoniumüberzug verliert durch solche Späne also seine Flußmitteleigenschaft. War die Platte nur gefettet, so ist es notwendig, nach Bohren und Sägen die Späne abzuwischen. In diesem Falle muß jede Lötstelle nach dem Bestücken mit etwas Flußmittel (in Spiritus aufgelöstem Kolophonium) versehen werden.

Es ergibt sich die Frage, weshalb also nicht erst nach Sägen und Bohren (die Reihenfolge wäre dann beliebig) das Kupfer gesäubert und mit Kolophonium überzogen wird. Selbstverständlich ist das möglich und industriell auch üblich, hat aber für den Amateur einige Nachteile. Einmal wird er die Säuberung wiederum mit einem Putzmittel mechanisch vornehmen müssen. Dadurch können die Bohrungen verstopft werden. Eine gründliche Spülung mit Leitungswasser wiederum läßt zuviel Feuchte in die ungeschützten Lochkanten eindringen. Spülen mit Spiritus oder mit anderen organischen Waschmitteln wird nicht nur auf die

Dauer zu kostspielig, sondern ist auch wegen der z. Z. noch gegebenen Unbeständigkeit des Halbzeugklebers gegenüber Spiritus nicht zu empfehlen. Daher sollte die Anwendung von Spiritus nach dem Ätzen möglichst auf das Flußmittel beschränkt bleiben. Schließlich kriecht auch beim Auftragen das aufgelöste Kolophonium durch die Löcher und um die Plattenkanten auf die spätere Bauelementeseite. Wischt man es mit Spiritus ab, so dringt dieser seinerseits wieder auf die Folienseite und verdrängt das Kolophonium von den Lötaugen. Diesen Unvollkommenheiten und Zusatzarbeiten sollte man durch etwas mehr Sorgfalt bei der Bearbeitung aus dem Wege gehen.

1.1 Bohren

Aus vielen Gründen, von denen nur Tauchlötmöglichkeit und Isolation genannt werden sollen, finden die Bauelemente auf der von der Folie abgewandten Seite Platz. Man muß also für die Anschlüsse Löcher bohren (in der Industrie werden diese gelocht). Die meisten Anschlüsse erfordern das Normloch von 1,3 mm Durchmesser. Leider kann die Industrie noch nicht alle Widerstände und Kondensatoren mit Drahtanschlüssen liefern. Deshalb benötigt man für einen ¼-W-Widerstand mit Lötfahnen eine größere Bohrung, wenn man die Fahnen nicht beschneidet oder quetscht. In transistorbestückten Geräten oder bei Verwendung von Batterieröhren kommt man jedoch meist mit $^1/_{10}$- und $^1/_{20}$-W-Widerständen aus, deren Anschlüsse sogar in 1-mm-Löcher passen. Außerdem sind sicher auch bald die neuen Widerstände mit Drahtanschluß dem Amateur zugänglich.

Die Löcher werden grundsätzlich von der Leiterseite aus gebohrt. Auch der Vorgang des Komplett-Lochens bei industrieller Bearbeitung hält diese Richtung ein. Dort ergibt sich der Vorteil, daß sich die Folie etwas

in das Loch zieht und die spätere Lötstelle verbessert. Für den Amateur wird das Bohren auf der Leiterseite vor allem durch die bereits im Ätzprozeß entstandenen „Körnerpunkte“ erleichtert. Ohne jede Anreißarbeit findet der Bohrer durch diese Punkte, die ihn zentrieren, stets die Sollstelle. Allerdings darf der Kolophoniumüberzug nur dünn sein, damit er die Körnerpunkte an seiner Oberfläche ebenfalls abbildet. Nur bei zu dickem Überzug muß mit einem spitzen Gegenstand das Kolophonium über dem Körnerpunkt entfernt werden. Wenn auch ein Drillbohrer durchaus in der Lage ist, im Trägermaterial der Leiterplatte, die dünne Kupferfolie durchstoßend, ein Loch zu erzeugen, so ist doch von diesen „steinzeitlichen“ Methoden abzuraten. Zur Grundausrüstung jedes Amateur-Radioklubs sollte heute eine elektrische Bohrmaschine gehören, die noch für Bohrer bis herab zu 1 mm Durchmesser geeignet ist. Aber auch mit einer Handbohrmaschine sind schon brauchbare Zeiten möglich. Diese Maschine befestigt man am besten horizontal auf dem Tisch und führt mit der freien Hand die Leiterplatte an den mit der anderen Hand in Rotation versetzten Bohrer heran (Bild 1). Das ist bei den oft kleinen Plat-

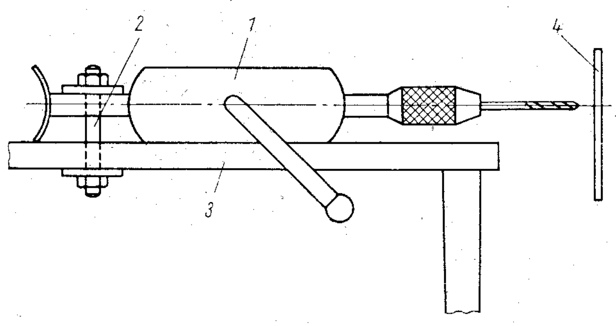


Bild 1 Zweckmäßigster Einsatz einer Handbohrmaschine (1) bei der Bearbeitung von Leiterplatten (4). (2) Schraubzwinge, (3) Tisch

tenformaten günstiger als die Befestigung der Platte und das freihändige Führen der Bohrmaschine, für die nur in den seltensten Fällen ein Gestell vorhanden sein dürfte. Der Erfindungsgabe bei der zweckmäßigsten Anwendung einer Handbohrmaschine sind jedenfalls keine Grenzen gesetzt. Mit einer kleinen elektrischen Tischbohrmaschine ist es übrigens ohne Schwierigkeit möglich, je Minute zehn Löcher von 1 bis 1,3 mm Durchmesser in einem Leitungsmuster zu erzeugen.

Entgratet wird nur isolierstoffseitig, dort kann sogar leicht angesenkt werden. Die Anschlüsse gleiten dann besser in das Loch. Auf der Folienseite würde man beim Entgraten zuviel von der dünnen Kupferschicht an der späteren Lötstelle entfernen und eine einwandfreie Lötung in Frage stellen. Werden größere Durchbrüche nötig, so ist es zweckmäßig, auch diese mit dem kleinsten benutzten Durchmesser (1 bzw. 1,3 mm) vorzubohren. Die Vollzähligkeit der Lochungen schließlich läßt sich leicht kontrollieren, wenn die Platte gegen das Licht gehalten wird. Auf der Leiterseite schimmern dann vergessene Körnerpunkte durch.

1.2 Sägen

Dieser Arbeitsgang wird in der Industrie nur bei kleinen Stückzahlen durchgeführt. Meist ersetzt man ihn durch Beschneiden. Die Platte muß dazu erwärmt werden, da sie anderenfalls splittert. Man erreicht wesentlich größere Arbeitsproduktivität als beim Sägen. Dafür werden Spezialwerkzeuge und Maschinen benötigt. Der Amateur benutzt am besten die Laubsäge und Metallsägeblätter nicht zu grober Zähnung. Von einer Eisensäge ist dagegen abzuraten. Die kalte Platte muß sehr vorsichtig beschnitten werden. Nicht nur die Löcher, auch der Wechsel von Folie und freigeätzter Fläche, besonders bei Trennlinienmustern, wirken als

die Festigkeit mindernde Kerben. Zentralen Radioklubs wird die Benutzung einer Kreissäge empfohlen. Für kleine Serien eines Musters kann dabei recht günstig mit Mehrfachnegativen gearbeitet werden, bei denen die Abstände der Einzelmuster der zur Verfügung stehenden Säge angepaßt werden. Das ergibt eine sehr gute Materialausnutzung.

Auch beim Sägen sollen keine Späne von der warmen Hand in die Kolophonium-Schicht eingedrückt werden. Die Platte ist also am Rande zu fassen. Macht sich eine Nacharbeit durch Feilen erforderlich, so spannt man die Platte zwischen Pappe vorsichtig ein und läßt nur so viel über den Rand des Schraubstocks ragen, wie zur Bearbeitung notwendig ist. Besonders die Ecken platzen sonst leicht ab. Die Feile darf nur in Richtung der Plattenkante geführt werden. Eine Fase bringt man leiterseitig so an, daß die Feile stets von der Platte nach außen geführt wird. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß manchmal notwendigerweise bis zum Rand geführte Leiter abgelöst werden (Bild 2).

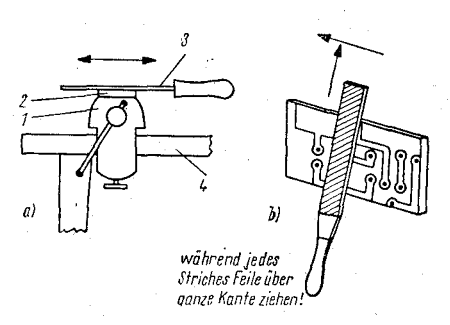


Bild 2 Feilenführung: a) beim Feilen auf Maß: (1) Schraubstock, (2) Leiterplatte, (3) Feile, (4) Tisch; b) beim Anbringen einer Fase: Leiterplatte mit bis zum Rand gehendem Leiter

1.3 Bestücken und Löten

In der Industrie geht man hier, abhängig von der Stückzahl, verschiedene Wege. Die „niederste Stufe" entspricht der Methode, die der Amateur auch anwendet: Jedes Bauelement steckt man mit seinen Anschlüssen von der Isolierstoffseite aus einzeln in die dafür vorgesehenen Löcher. Danach wird leiterseitig jede Lötstelle ebenfalls einzeln mit einem geeigneten Kolben erzeugt. Vom speziellen Fall hängt es ab, ob die Anschlüsse vorher durch Umbiegen oder auf andere Art festgelegt werden oder nicht. Die nächst höhere Stufe besteht im Einsatz einfacher Hilfsvorrichtungen. Diese nehmen die Platte auf, und die vorbereiteten (mit vorgebogenen Anschlüssen versehenen) Bauelemente werden von Hand in die Leiterplatte eingesetzt. Ein Hebeldruck an der Vorrichtung schneidet die überstehenden Anschlüsse auf Länge und biegt sie um. Die Platte wird dann einer Tauchlöteinrichtung zugeführt. In der letzten Stufe übernehmen Maschinen auch das Bestücken. Bei den beiden ersten Stufen bedient man sich oft noch einer Maßnahme, die besonders bei eng bestückten Leiterplatten zweckmäßig ist. Beim Einsetzen der Bauelemente besteht dort die Gefahr von Fehlbestückungen. Um diese auszuschalten, kann die Bauelementeseite im Siebdruck mit den Bezeichnungen der einzelnen Bauelemente bedruckt werden, wie es Bild 3 zeigt.

Für den Amateur gilt nach diesen Ausführungen folgende Vorschrift:

1.31 Vorbereiten des Bauelements

Nach den Gesichtspunkten des Bauelementeplans und der Leitungsführung und unter Berücksichtigung des Rastermaßes liegen die Anschlußpunkte für ein Bauelement nicht immer in der senkrechten Verlängerung radial abgehender Anschlüsse vieler Bauelemente. Dies

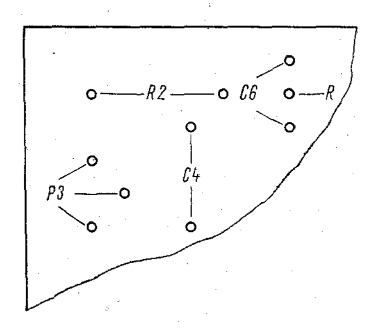


Bild 3
In der Industrie bei Handbestückung oft verwendete Bestückungshilfe (bauelementeseitig aufgedruckte Bezeichnungen)

ist aus weiter unten genannten Gründen oft auch gar nicht erwünscht. Die Anschlußdrähte oder -fahnen müssen daher in vom Einzelfall abhängiger Weise gebogen und gekürzt werden. Kürzen muß man sie vor allem, damit keine zu hohen, unschönen Lötstellen entstehen, Umbiegen ist nicht immer möglich oder vorteilhaft. Bei vielen lackierten Bauelementen ist aber auch der obere Teil der Anschlüsse mit Lack bedeckt, und dieser Teil rückt durch das Kürzen in den Bereich der späteren Lötstelle. Besonders bei Keramikkondensatoren wirkt sich das störend aus. Aber auch ursprünglich einmal verzinnte Anschlüsse sind zum Zeitpunkt des Einsatzes nicht mehr ohne weiteres lötfähig. Das trifft vor allem für Widerstände zu. In der herkömmlichen Verdrahtung fällt das weniger auf, und es wird dann unbewußt etwas gekratzt und entsprechend länger gelötet, bis das Zinn fließt. Aber auch dort können „kalte" Lötstellen das Ergebnis sein. Der Hauptfaktor beim Entstehen einer schlechten Lötstelle auf der Leiterplatte trotz sauberer, kolophonierter Kupferfolie ist also ein nicht genügend lötfähiger Bauelementeanschluß. Die Bauelemente müssen daher möglichst unmittelbar vor dem Einsetzen in die Leiterplatte mit Glaspinsel oder Sandpapier gesäubert und in Kolophonium verzinnt werden. Die mechanische Bearbeitung kann entfallen, wenn die Verzinnung der

Anschlüsse noch nicht stumpfgrau geworden ist. Dann genügt eine kurze „Kontrollverzinnung“ unter Mitwirkung von Kolophonium. Besonders die Lötfahnen von $^1/_{10}$- und $^1/_{20}$-W-Widerständen sind häufig sehr schlecht lötfähig. Hier ist erhöhte Sorgfalt geboten. In dieser Hinsicht hat das Umbiegen der Anschlüsse einen Nachteil, denn es täuscht bei schlecht verzinnten Anschlüssen eine gute Lötstelle dadurch vor, daß das Zinn den z. B. oxydierten Draht verdeckt. Eine Kontrolle durch Herausziehen aber ist wegen der umgebogenen Enden nicht möglich. Nochmals sei daher betont: Alle Anschlüsse müssen einwandfrei vorverzinnt sein und sollten danach möglichst sofort eingesetzt werden. Bei Beachtung aller Hinweise kommt man in den meisten Fällen mit einer Sekunde Lötzeit aus.

1.32 Bestücken

Bei einer gedruckten Schaltung gilt der Grundsatz: Die Lötstelle darf nicht auf Zug beansprucht werden. Das bedeutet, ein nach dem Löten auf das Bauelement in Plattenrichtung ausgeübter Druck darf sich nicht durch die Anschlüsse als Zug auf die Lötstelle fortpflanzen. Man bedenke stets, daß die Folie nur geklebt ist. Das muß auch beim Lötvorgang selbst berücksichtigt werden. Der Kleber widersteht nur kurze Zeit höheren Temperaturen und ist besonders während des Lötens mechanisch wenig widerstandsfähig. Auf keinen Fall darf daher nach dem Motto gelötet werden: „Nur lange genug draufbleiben, irgendwann wird es schon haften.“ Das Gegenteil ist der Fall! Wie aber trägt man diesen Tatsachen Rechnung?

Zunächst zur mechanischen Entlastung. Bild 4 zeigt, wie sich eine Druckbelastung des Bauelements auf die Lötstellen auswirken kann, wenn dieser Druck nicht durch besondere Maßnahmen aufgefangen wird. Vor allem temperaturempfindliche Bauelemente erfordern eine Mindestanschlußlänge bis zur Lötstelle. Direktes

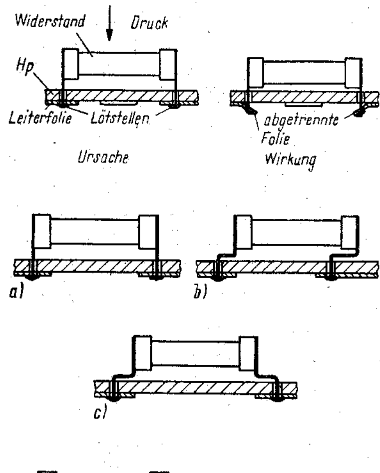


Bild 4
Unzulässige mechanische Belastung der Lötstelle

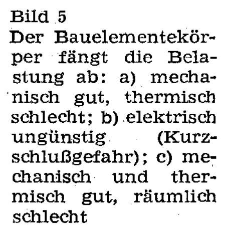


Bild 5
Der Bauelementekörper fängt die Belastung ab: a) mechanisch gut, thermisch schlecht; b) elektrisch ungünstig (Kurzschlußgefahr); c) mechanisch und thermisch gut, räumlich schlecht

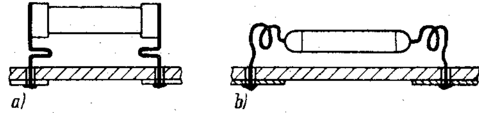


Bild 6 Thermisch, mechanisch und räumlich gutgelöste Ausbildung der Anschlüsse: a) vorzugsweise für Fahnen-, b) vorzugsweise für Drahtanschlüsse geringen Durchmessers

Auflegen des Bauelements auf die Isolierstoffseite ist also nicht unmittelbar dazu geeignet, Druck- oder Schüttelbeanspruchungen von der Lötstelle fernzuhalten. Nur dann, wenn die Lage der Bohrungen nicht mit der senkrechten Projektion der Lötanschlüsse des Bauelements identisch ist, kann eine solche Anordnung ohne Schaden gewählt werden (Bild 5). Nach diesen Gesichtspunkten müssen natürlich bereits Bauelementeplan und Leitungsmuster gestaltet werden.

Eine Zuordnung der Anschlüsse zu den Bohrungen nach Bild 5b wirkt oft unschön, eine solche nach 5c verbraucht mehr Fläche, als der Bauelementeprojek-

tion auf die Ebene entspricht. Man kombiniert daher meist in der Art nach Bild 6a. Ausreichende thermische Sicherheit wird dort mit guter mechanischer Stabilität bei nur unwesentlich vergrößerter Bauhöhe vereint. Für Dioden und ähnliche Bauelemente mit Drahtanschlüssen verfährt man auch nach Bild 6b.

Vom $^1/_{10}$-W-Widerstand an aufwärts wird das Verhältnis von Länge zu Durchmesser bereits so groß, daß manchmal aus Platzgründen senkrechte Montage zweckmäßig erscheint. Dabei sollte aber der obere Anschluß sicherheitshalber mit Isolierschlauch überzogen werden (Bild 7). Man findet diese Anordnung oft in eng gebauten Taschenempfängern. Andererseits sind viele der längeren Bauelemente mit zu kurzen Anschlußdrähten versehen, so daß sich eine unschöne Verlängerung des oberen Anschlusses notwendig macht. Außerdem muß die Standfestigkeit durch geeignete Armaturen verbessert werden (Bild 17 in Teil I). Für Bauelemente mit definierter Auflagefläche gilt sinngemäß die Erläuterung zu Bild 4 (s. Bild 8).

Wird aus Platzgründen eine Stapelung notwendig, so beschränkt man diese auf gut voneinander zu isolierende Bauelemente. Die unteren bilden die Stützfläche für die oben liegenden. Dadurch werden allerdings Austauschbarkeit und Übersichtlichkeit eingeschränkt (Bild 9). Bild 10 zeigt aber, wie es mit etwas Geschick

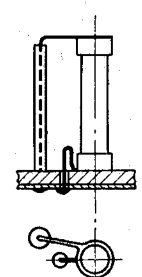


Bild 7
Senkrechte Montage eines Widerstandes

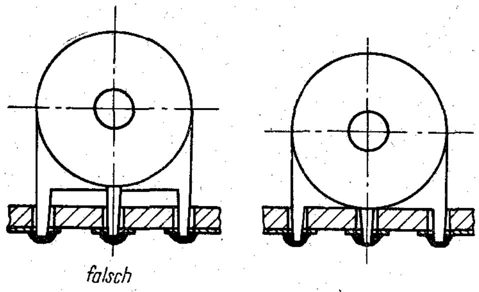


Bild 8 Montage eines Potentiometers mit drei Haltelappen

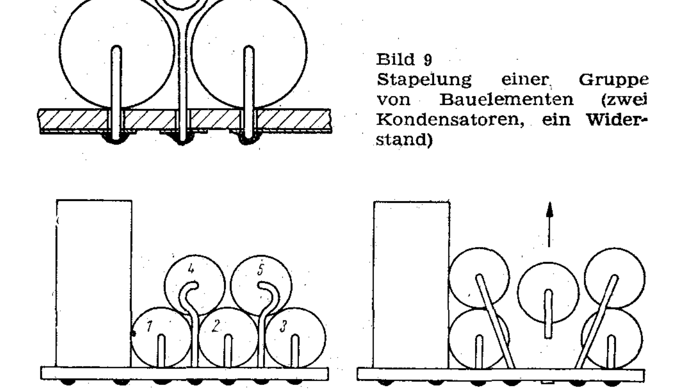


Bild 9
Stapelung einer Gruppe von Bauelementen (zwei Kondensatoren, ein Widerstand)

Bild 10 „Auf Reserve" gebogene Anschlüsse der Bauelemente 4 und 5 ermöglichen die Reparatur auch an Bauelementestapeln (Auswechseln des Bauelements Nr. 2)

sogar bei einem Stapel von fünf Bauelementen noch gelingt, das mittelste bei Bedarf auszuwechseln. Dazu müssen nur die Drähte der vier anderen „auf Reserve" gebogen werden, so daß ein Geradebiegen das Abheben der Bauelemente ohne Löten gestattet.

Wird jedes Bauelement nach dem Einsetzen sofort eingelötet, so genügt es, den Anschluß bei fest aufliegendem Bauelement etwa 1 mm über der Folie abzuschneiden und dieses Ende zu löten. Zuverlässigere Lötstellen (einwandfrei verzinnte Anschlüsse vorausgesetzt) erhält man allerdings durch Umbiegen des Endes (vgl. Bild 11). Einerseits wird dadurch das Bauelement bis zum Löten in seiner Lage gehalten, zum anderen vergrößert sich die Lötfläche. Man wird daher die erste Methode vor allem bei Brettschaltungen anwenden, deren Bauelemente leicht lösbar bleiben sollen. Das würde durch umgebogene Enden sehr erschwert.

Je dicker der Anschluß, um so schlechter läßt sich ein kurzes Ende umbiegen, bzw. um so länger muß der stehenbleibende Rest zur Gewinnung des notwendigen Hebelarms sein. Das wiederum widerspricht der Tendenz zu kleinen Lötaugen und Abständen im Interesse der Kleinbautechnik. Um dennoch die Vorteile des Umbiegens (mechanischer Halt, größere Sicherheit

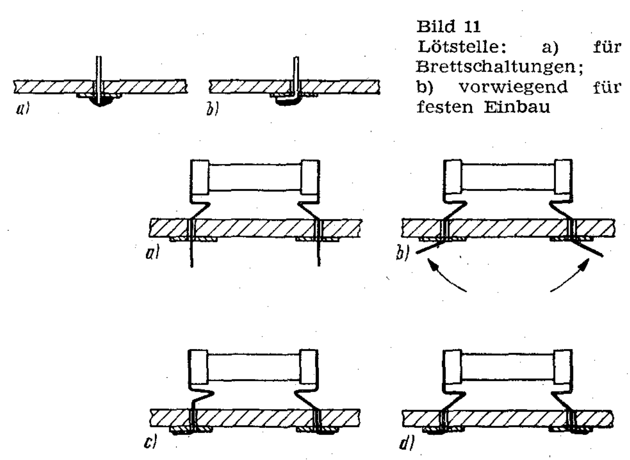


Bild 11
Lötstelle: a) für Brettschaltungen; b) vorwiegend für festen Einbau

Bild 12 Zweckmäßigste Einbaureihenfolge: a) Einstecken; b) Umbiegen; c) Abschneiden; d) Löten

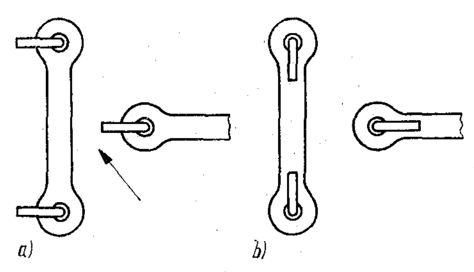


Bild 13 Biegerichtung und Leitungsmuster: a) Gefahr von Brückenbildung beim Löten; b) günstigste Biegerichtung (in Richtung des abgehenden Leitungszuges)

beim Löten) bei kleinen Lötaugen ausnutzen zu können, ist folgende Reihenfolge zweckmäßig: Einstekken – Umbiegen – Abschneiden – Löten (Bild 12). Man biegt dabei möglichst immer in der Richtung ab, die der Leitungszug angibt, da dann Brücken sicher vermieden werden (Bild 13).

1.33 Löten

Je schneller die Lötstelle entsteht, um so geringer ist die Gefahr, daß sich ein Leiter ablöst. Auch die Löttemperatur soll so niedrig wie möglich sein. Wird nun aber ein in der Leistung kleiner Kolben mit langer, also „kühler" Spitze benutzt, so entzieht die Lötstelle dieser Spitze zuviel Wärme. Damit wird zwar bei niedriger Temperatur gelötet, dafür wächst jedoch die Zeit, bis das Zinn an der Lötstelle flüssig geworden ist. Ein 50-W-Kolben stellt meist den besten Kompromiß dar. Seine Spitze kann die handelsübliche Länge beibehalten. Sie muß aber so ausgebildet werden, daß die beim Löten berührte Fläche höchstens die Größe der gewünschten Lötstelle besitzt. Aus diesem Grunde hat sich ein etwas plattgedrückter Pyramidenstumpf gut bewährt (Bild 14).
Die Zinnmenge am Kolben beschränkt man auf ein Minimum, sonst fließt das Zinn leicht an Stellen, an

die es nicht soll, oder es bildet Brücken. Ist ein solcher Fall dennoch eingetreten, so wird die Spitze kurz in Kolophonium getaucht und abgeschüttelt. Danach hält man die Platte mit der Leiterseite nach unten und „zieht“ schnell das Zinn von der überbrückten Stelle ab.

Ohne einem bestimmten Hersteller den Vorzug geben zu wollen, sei hier noch auf einen für gedruckte Schaltungen gut verwendbaren Kolben hingewiesen. Es ist dies der 35-W-Kolben der Firma Hauswirth, Olbernhau und Erkner, der durch seine besondere Konstruktion in der Wärmeleistung an einen 80-W-Kolben heranreicht. Seine Spitze ist herausschraubbar und kann entsprechend bearbeitet werden.

Eine Bemerkung noch zum Lötzinn. Das handelsübliche Fadenzinn mit Kolophoniumseele ist im allgemeinen gut geeignet. Von stark bleihaltigen stumpfgrauen „Privatmischungen“ muß dagegen abgeraten werden, da der Schmelzpunkt anderer Mischungsverhältnisse als 60 : 40 stets höher liegt und damit den Kleber des Halbzeugs zu stark beansprucht.

Es kann nicht schaden, wenn man sich nicht nur auf das früher aufgebrachte Flußmittel verläßt, sondern auf Lötauge und Anschluß kurz vor der Lötung etwas dickflüssige Kolophoniumlösung gibt. Bei Verwendung aktivierter Lötmittel, die meist Harnstoff enthalten

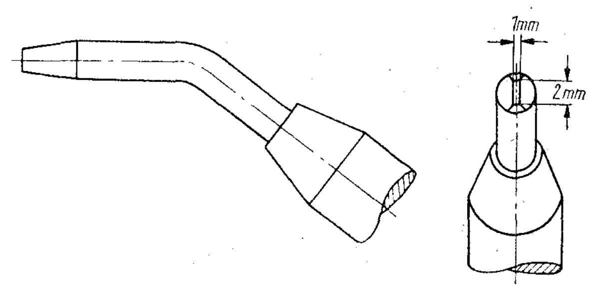


Bild 14 Lötkolbenspitze für kleine Lötaugen

und die Lötbarkeit außerordentlich verbessern, muß anschließend unbedingt mit Spiritus abgewaschen werden, da die aktivierenden Zusätze in feuchter Atmosphäre Anlaß zu Korrosion geben können.

Nach Einsetzen des letzten Bauelements ist definitionsgemäß die Leiterplatte zur gedruckten Schaltung geworden.

1.34 Nachbehandlung

Die durch die Lötungen unansehnliche Kolophoniumschicht entfernt man schnell mit einem in Spiritus getauchten Lappen. Man vermeide auch jetzt unnötige lange Einwirkung von Spiritus. Damit für Reparaturen aber die Fläche lötfähig bleibt und auch gegen Korrosion geschützt wird, kann danach nochmals die gleiche Lösung wie nach Fertigstellung der Leiterplatte dünn aufgetragen und bei einer Temperatur getrocknet werden, die dem empfindlichsten Bauelement gerade noch zuträglich ist (max. 60 °C). Allerdings bietet Kollophonium auf die Dauer keinen absoluten Schutz. Es ist nicht nur spröde und neigt zum Abplatzen, sondern läßt auch Feuchte durch. Für die Belange des Amateurs hat es sich aber als ausreichend erwiesen. Eine Fettung der Oberfläche mit säurefreier Vaseline bringt zwar bessere Eigenschaften gegenüber Feuchte, neigt dafür aber wieder leichter zum Verschmutzen durch Anlagerung von Staub, der dann seinerseits wieder Feuchte aufnehmen kann.

2. ARMATUREN FÜR HERKÖMMLICHE BAUELEMENTE

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß nur ein Teil der handelsüblichen Bauelemente unmittelbar in die Leiterplatte eingesetzt werden kann. Schwierig wird z. B. die Montage von Spulen und kleineren Transformatoren, sieht man von der Möglichkeit ab, jeden Draht einzeln einzufädeln. Man kann sie aber weitgehend vorbereiten und dann als kompakte Einheit einsetzen.

Grundsätzlich gilt für den Amateur: Die Anpassung von Bauelementen mit mehr als zwei Anschlüssen, die entweder nicht in einer Ebene liegen oder eine für die Montage ungünstige Ausführung haben, wird am besten mit Leiterplattenhalbzeug durchgeführt. Daraus gefertigte Armaturplatten in einer dem Bauelement angepaßten Form fangen z. B. alle Drähte eines Trafos auf, bilden den mechanischen Halt für die Anschlüsse und legen sie in eine Ebene. Oft, z. B. im Falle der unten beschriebenen Spulenarmatur, stellen sie einen tragenden Teil der Gesamtkonstruktion dar.

Selbstverständlich muß der Amateur in jedem Falle zunächst abwägen, ob er den Aufwand einer Armatur für zweckmäßig hält oder nicht. Sicher ist es, wie schon gesagt, möglich, mit Drähten vom Anschluß bis zur Leiterplatte zu arbeiten. Das hat sogar bei Reparaturen den Vorteil, daß jeder Draht leicht einzeln gelöst werden kann. Welche Gründe sprechen nun dafür, ein Bauelement so weit vorzubereiten, daß es nur noch mit einem einzigen Griff in die Löcher der Platte gesteckt und eingelötet werden kann?

2.1 Vorteile und Nachteile einer Armierung

a) In der Serienproduktion ist die Aufgliederung eines komplexen Arbeitsganges in mehrere einfache deshalb sinnvoll, weil sie die Produktivität steigern kann (Bandarbeit) und Fehlerquellen ausschaltet. Die Vorbereitung eines ursprünglich nicht für gedruckte Schaltungen vorgesehenen Bauelements mit „dreidimensionalen“ Anschlüssen für den „zweidimensionalen“ Anschluß in der Leiterplatte stellt eine solche Aufgliederung dar. Für den Amateur wird sie in jedem Falle dort sinnvoll, wo ein Gerät in mehreren Exemplaren herzustellen ist und die Bauelemente dafür in Gemeinschaftsarbeit angepaßt werden.

b) Wird ein Bauelement nach einem vorgegebenen Anschlußschema adaptiert, so kann es vor dem Einsatz leicht nochmals geprüft werden. Stimmt dann das Leitungsmuster mit diesem Schema überein, so sind weitere Fehlerquellen (außer schlechten Lötstellen) ausgeschlossen. Die Anschlüsse sind also unverwechselbar geworden. Dieser Vorteil ist bei jeder Stückzahl gegeben.

c) Manche Bauelemente, vor allem Spulen und Transformatoren, erfordern auch in „klassischer“ Technik Armaturen. Es ist also sinnvoll, diese sofort durch solche zu ersetzen, mit denen gleichzeitig die Verbindungen zur Leiterplatte ohne weitere Drähte möglich werden. Auf die Anpassung dieser Bauelemente wird im folgenden näher eingegangen, da hier für den Amateur die größten Vorteile liegen.

d) Bauelemente, die öfter in Versuchsschaltungen verwendet werden, sollen möglichst selten an den eigentlichen Anschlüssen durch Löten beansprucht werden. Ihre Lebensdauer wird durch die Armierung also wesentlich erhöht. Allerdings darf die Armatur das Auswechseln des Bauelements nicht wesentlich erschweren.

Für den Amateur ergeben sich aber beim Einsatz von Armaturen auch zwei Nachteile:

a) Der Arbeitsaufwand ist erst für Serienherstellung voll gerechtfertigt. Gemeinschaftsarbeit in den Klubs kommt dem entgegen.

b) Die vorgegebene Lage der Anschlüsse, die nicht immer nur unter dem Bauelement selbst austreten, schränkt die Freizügigkeit des Leitungsmusters gegenüber der Verwendung von Einzeldrähten ein. Dadurch ist nicht immer eine optimale Bauelementedichte erreichbar.

Außer der Anpassung klassischer Bauelemente mit mehreren Anschlüssen an die Leiterplatte werden Armaturen noch zu einem etwas anderen Zweck benötigt. Aus Platzgründen kann es sinvoll sein, auch größere Bauelemente in anderer als ihrer üblichen Lage auf der Leiterplatte zu befestigen. Daher wurden z. B. die in Teil I gezeigten Kondensatorhalterungen geschaffen. Auch der Amateur wird oft in eine solche Lage kommen, aber nicht immer auf Industrieprodukte zurückgreifen können. Es hängt sehr von den Dimensionen des betreffenden Bauelements ab, welche notwendigen Maßnahmen getroffen werden. Meist sind Bauelemente mit großem l/d-Verhältnis senkrecht und mechanisch zuverlässig zu befestigen. Die Bedienungsorgane sollen zur Entlastung der einzelnen Lötstellen zusätzlich gesichert werden.

2.2 Forderungen an Armaturen

Nach den bisherigen Ausführungen ergibt sich als Grundforderung an die Armatur für ein der gedruckten Schaltung anzupassendes Bauelement: Die Armatur soll das Bauelement mechanisch und elektrisch den Forderungen der gedruckten Schaltung anpassen. Dazu sind alle mechanischen und elektrischen Anschlüsse in die Grundfläche zu legen und so zu gestalten, daß sie in das Normloch von 1,3 mm Durchmesser (für den

Amateur aber noch besser in das 1-mm-Loch) eingeführt werden können. Mindestens die elektrischen müssen einwandfrei lötfähig sein, während die mechanischen auch z. B. durch Umbiegen, Stauchen o. ä. festgelegt werden können. Es ist notwendig, die Lötungen ohne Gefahr für die an der Armatur befindlichen Lötstellen in der für Leiterplatten zulässigen Zeit durchzuführen. Die elektrischen Anschlüsse sollen möglichst eine schnelle Prüfung des Bauelements vor dem Einbau gestatten, unverwechselbar und im Rastermaß angeordnet sein und sich in ihrer Gesamtheit leicht in die Leiterplatte einsetzen lassen. Die Armatur soll die Maße des Bauelements sowohl in der Ebene als auch in der Höhe nicht wesentlich vergrößern und ein leichtes Auswechseln bei Reparaturen gestatten.

2.3 Vorwiegend dem elektrischen Anschluß dienende Armaturen

2.31 Trafoarmaturen

Zwar existieren bereits eine Reihe industriell gefertigter Teile für die Anpassung kleinerer Transformatoren an die Leiterplatte. Sie sind aber dem Amateur meist nicht zugänglich. Er hilft sich auf einfache Art und braucht dabei oft weniger Volumen als die Industrie. Es ist sinnlos, größere Trafos als etwa M 42 auf einer Leiterplatte anzuordnen. Gewicht und Flächenbedarf sprechen zu gleichen Teilen dagegen. Die oft benutzten Schnitte M 20, M 30 u. ä. aber lassen sich verblüffend einfach adaptieren, wie Bild 15 beweist. Dort sind vier verschiedene Möglichkeiten dargestellt, die alle davon ausgehen, daß auf den Kern mit einer Pappisolation als Zwischenlage kleine, mit entsprechenden Mustern versehene Halbzeugplatten geklebt werden, die verzinnte Anschlußdrähte enthalten. Die verschiedenen Zuschnitte enthält Bild 16 (je nach gewünschter Montagelage), während aus Bild 17 die Art der Befestigung

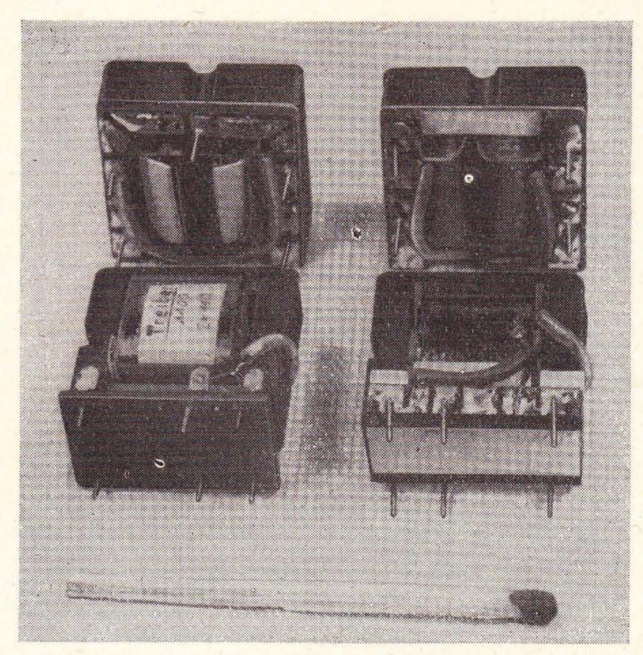


Bild 15 Für die Leiterplatte verschieden adaptierte Trafos M 20

hervorgeht. Die aus dem Trafowinkel kommenden Drahtenden werden dann lediglich auf die leitenden Flächen der Armatur gelötet und sind auf diese Weise mit den von dort abgehenden Anschlüssen elektrisch verbunden. Durch die Anordnung der thermischen Trennlinien ist gewährleistet, daß die Wickeldrähte beim Einlöten des Trafos in die Leiterplatte nicht wieder abgelötet werden.

Infolge seiner einfachen Linienführung braucht ein solches Armaturmuster nicht einmal über das fotomechanische Verfahren gewonnen zu werden. Längs eines Lineals lassen sich die Trennlinien leicht mit einer Rasierklinge oder mit einer Feile einritzen. Auch das

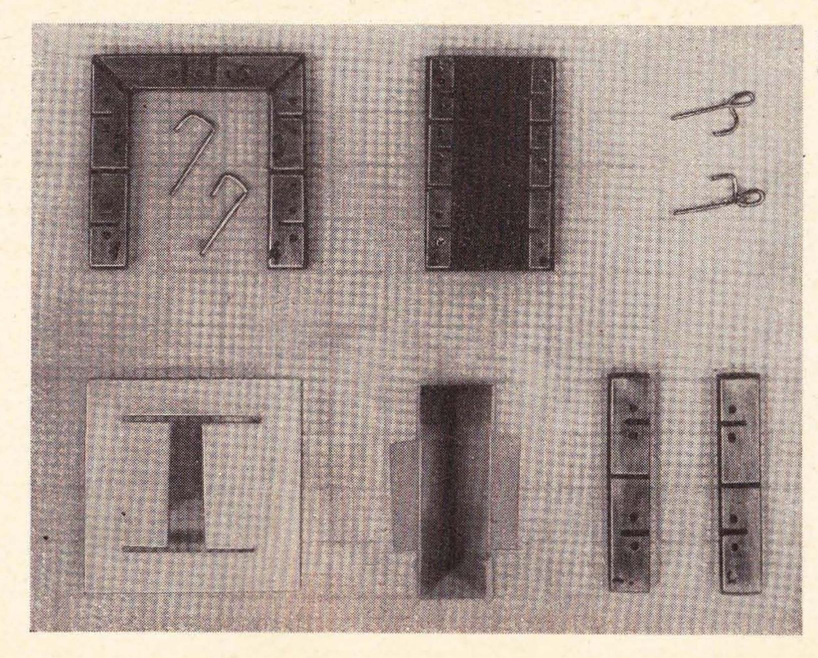


Bild 16
Zuschnitte und Muster für Trafoarmaturen nach Bild 15

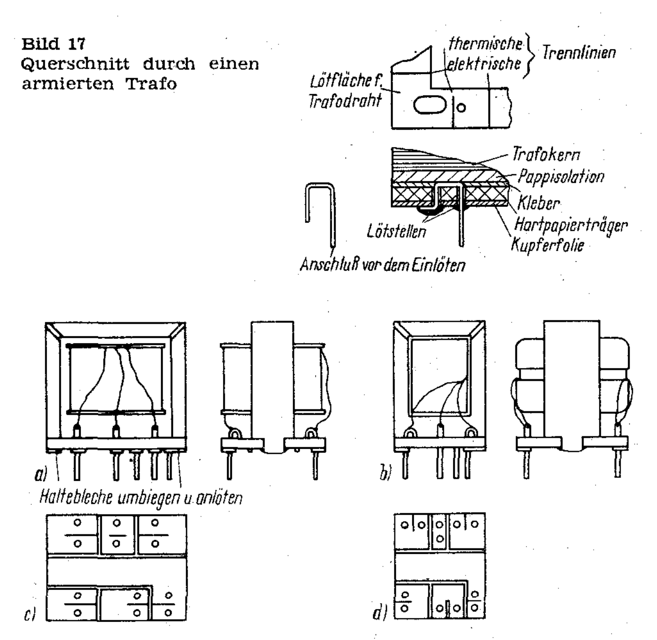


Bild 17
Querschnitt durch einen armierten Trafo

Bild 18 Armierung und Mustergestaltung für die „Sternchen"-Trafos K 20 und K 21. Anschlüsse unverwechselbar

Wachsabtragverfahren nach Teil I, Abschnitt 3.22, ist hier sehr gut geeignet.
Auf ähnliche Weise können auch die mit losen Anschlußdrähten erhältlichen Sternchentrafos verbessert werden. Wegen ihres häufigen Einsatzes gibt Bild 18 einen Vorschlag für die Gestaltung der Muster für die beiden „Sternchen"-Übertrager. Diese bilden einen Kompromiß zwischen der Lage der Drähte am Wickel und der günstigsten Anordnung im Leitungsmuster. Hier bietet sich noch der Vorteil, daß auf eine Klebung verzichtet werden kann, weil das Halteblech des Kernes lötfähig ist. Auch eine Isolierzwischenlage wird überflüssig, denn die Leiterfläche liegt auf der

dem Kern abgewandten Seite. Macht man sich einmal die geringe Mühe, eine Anzahl dieser einfachen Armaturen herzustellen und die vorhandenen Transformatoren damit zu versehen, so wird deren weiterer Einsatz sehr bequem.

2.32 Spulenarmaturen

Für die Kleinbautechnik wird oft die Meuselwitzer Kleinkammerspule 2016 mit dem Schraubkern 2018 verwendet. Es wäre ungünstig, diese auf die Leiterplatte zu kleben und die Drähte einzeln zu löten. Hier sollte man sich der Käfigspulen aus dem „Volksempfänger" der 30er Jahre erinnern. Dort trug ein Hp-Rohr – der Spulenkörper – alle Wicklungen und an seinen beiden Enden zwei Hp-Scheiben, zwischen deren Rändern parallel zum Körper verzinnte Drähte gespannt waren. Diese Drähte nahmen die Spulenanschlüsse auf und dienten als Anschluß für die weitere Schaltung. Sinngemäß läßt sich dieser Gedanke „verkleinert" auf den Körper 2016 anwenden. Zwei quadratische Halbzeugplättchen von etwa 11 mm Kantenlänge erhalten zwei senkrecht aufeinanderstehende Trennlinien. Jede der vier „Kupferinseln" wird mit einem von der gebrochenen Ecke ausgehenden etwa 1,5 mm tiefen Schlitz versehen, der in der Breite dem Durchmesser der verwendeten Drähte anzupassen ist. In den Kreuzungspunkt der Trennlinien (Plattenmitte) bohrt man ein Loch von 6,6 mm Durchmesser. Auf der Hp-Seite werden die Platten etwas angerauht, und eine von ihnen wird mit der Folie nach oben über den Gewindeflansch der Spule geschoben und mit ihr verklebt. Die zweite Platte erhält verzinnte Drähte, die in die Schlitze eingelegt und an das Muster gelötet werden. Sie sollten beidseitig etwa 10 mm herausragen und sind später passend zu kürzen.

Der nur mit der ersten Platte versehene Körper wird nun bewickelt. Die Anschlüsse führt man durch eine

Kerbe in der Platte zwischen Flansch und Bohrung und lötet sie auf je eine der am besten noch durch thermische Trennlinien halbierten, elektrisch aber verbunden bleibenden Lötflächen. Dieses Gebilde wird auf den mit der Folie nach unten gestellten Unterbau gesetzt, dessen Drähte dann in die Kerben eingedrückt und schnell angelötet werden. Die unten herausragenden Enden biegt man etwas nach, um z. B. auf das Rastermaß 8,75 ($3 \cdot 2{,}5 + {}^{1}/_{2} \cdot 2{,}5$) zu kommen. Die Spule wird geprüft und ist einbaufertig. Bei Änderungen oder Reparaturen lassen sich die vier Drähte oben leicht einzeln auslöten und zur Seite biegen. Der viel schwerer demontierbare Unterbau bleibt also in der Schaltung, während die Spule umgewickelt und danach wieder auf diesen geschoben werden kann. Das erleichtert das Experimentieren, z. B. gegenüber einer „Sternchen"-Spule, wesentlich und stellt dennoch saubere und stabile Aufbauten sicher. Diese Methoden lassen sich bei vielen anderen Armaturen ebenfalls anwenden und sind z. B. auch bei Trafos möglich, wenn die Platte nach oben verlegt und etwas größer als die Trafofläche gehalten wird.

Bild 19 vermittelt eine Vorstellung von der Spulenkonstruktion, während Bild 20 die für Ober- und Unter-

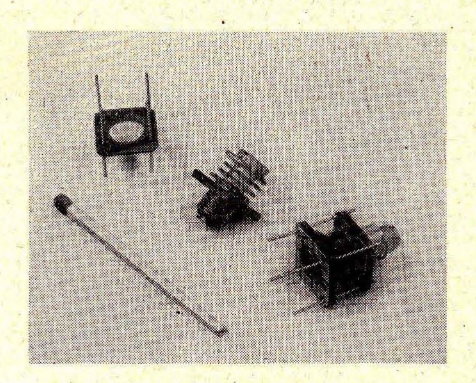


Bild 19
Kleinkammerspule mit Armierung (offene Bauform)

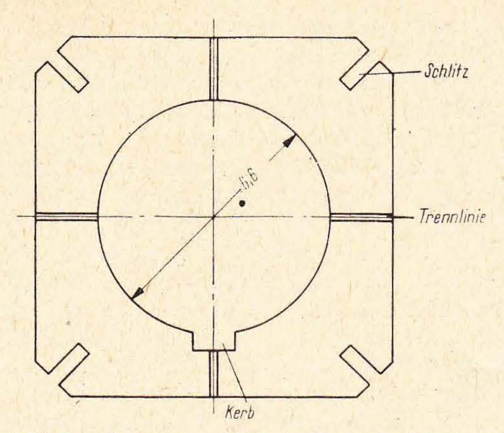


Bild 20 Leitungsmuster der Armatur nach Bild 19 für Grund- und Deckplatte

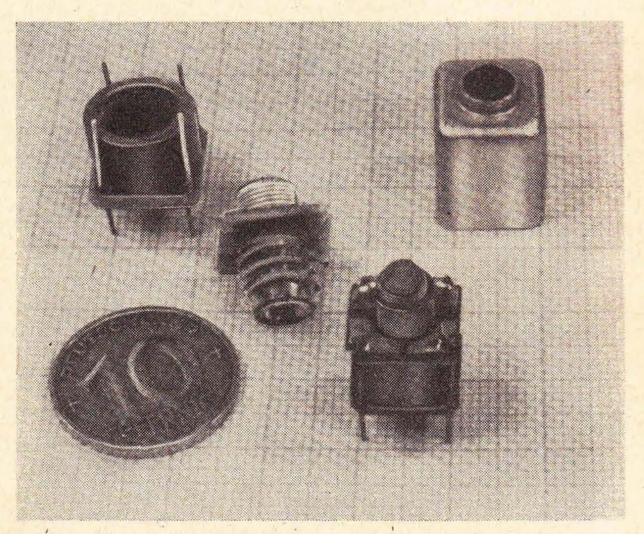


Bild 21 Kleinkammerspule mit Armierung (mit Manifer- und Aluhaube)

teil gleich gemusterte Platte zeigt. Übrigens kann die untere Platte auch entfallen, da die Funktion vom Augenblick des Einbaus an dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Sofern greifbar, kann die Spule noch durch Teile eines in der kommerziellen Technik verwendeten Kleinbandfilters ergänzt werden. Bild 21 zeigt eine um eine magnetische Abschirmung erweiterte Variante. Der Manifermantel wurde durch Halbieren (Einritzen mit der Feile längs des Umfanges bis zum Bruch) des ursprünglichen Körpers gewonnen. Auch die elektrische Abschirmung (tiefgezogene Aluminiumkappe) ist nach Kürzen mit der Laubsäge brauchbar, doch macht der Masseanschluß dann Schwierigkeiten. Besser ist es, einen Mantel aus lötbarem Konservenblech oder Kupferfolie zu falten, falls dies erforderlich wird. Damit dieser bei Spulendemontage leicht entfernt werden kann, ohne daß man am Leitungsmuster löten muß, empfiehlt sich eine Erdung nach Bild 22.

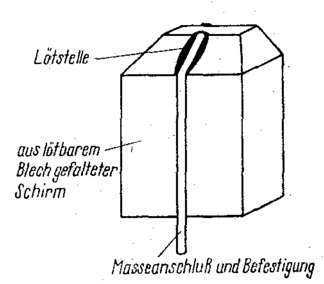


Bild 22
Leicht demontierbare Abschirmhaube (Eigenherstellung)

Ein weiteres Beispiel soll zeigen, daß mit etwas Überlegung fast jeder gerade greifbare kleine Spulenkörper für die gedruckte Schaltung adaptiert werden kann. Der Abstand der Leiterplatte zur Wicklung (Dämpfung!) wird dabei von den elektrischen Gegebenheiten bestimmt. Unter Verwendung des Wickelkörpers aus

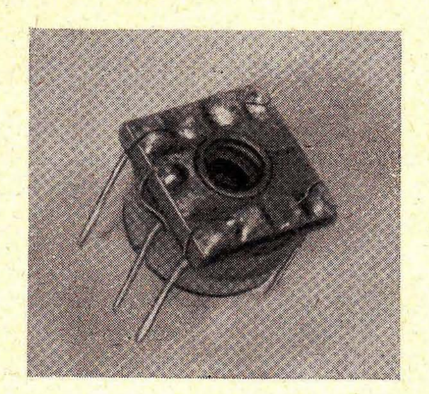


Bild 23
Zweikammerspule
mit fünf Anschlüssen
im 1,25-mm-Raster

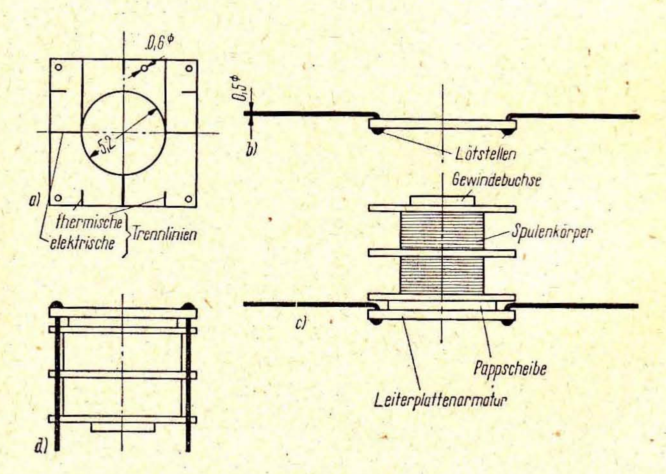


Bild 24 Herstellung der Spule nach Bild 23: a) gebohrte Leiterplatte mit elektrischen und thermischen Trennlinien; b) Einlöten der Drähte; c) Einkleben des Spulenkörpers und der Gewindebuchse (in diesem Zustand wird bewickelt und geprüft); d) Abbiegen der Drähte für die Montage

dem Schalenkern 14 · 8 und der gekürzten Gewindebuchse mit Abgleichstift aus dem Schalenkern 23 · 17 der Keramischen Werke Hermsdorf entsteht zusammen mit einer 11 · 11 großen Leiterplatte und bis zu acht möglichen Drähten ein Gebilde, das einen großen Vorteil hat: Das Zusammenfügen aller Teile noch vor dem Wickeln gestattet es, die Drahtenden an den Anschlüssen, denen sie später zugeordnet werden sollen, festzulegen. Damit wird ohne weitere Kennzeichnung jede Verwechslung ausgeschaltet. Die gewickelte Spule kann dann Anschluß für Anschluß mit der Folie der Armatur an den durch die Festlegung markierten Anschlüssen verbunden werden. Eine solche Spule mit fünf Anschlüssen zeigt Bild 23, ihre Entstehung Bild 24. Auch hier sorgen thermische Trennlinien für rückwirkungsfreies Löten. Diese für ein Seriengerät entwickelte Spulenform läßt in einem Prüfadapter eine schnelle Kontrolle der Spulenwerte zu. Erst dann werden die Drähte parallel zum Wickelkörper abgebogen und in die Leiterplatte eingesetzt.

2.4 Armaturen für vorwiegend mechanische Zwecke

2.41 Halterung von Bauelementen mit großem l/d-Verhältnis

Die im folgenden beschriebenen Möglichkeiten bilden einen Grenzfall zur Baugruppentechnik, die in Kapitel 4 behandelt wird. Ein möglichst kleines Volumen für eine gegebene Schaltung erhält man dann, wenn nicht nur die Grundfläche, sondern auch die Höhe der Baugruppe möglichst vollständig (aber selbstverständlich reparierbar) mit Bauelementen ausgefüllt wird. Die unterschiedliche Form und Größe dieser Bauelemente wirft dabei eine ganze Reihe von Problemen auf. Ein Teil von ihnen kann mit den hier geschilderten Anordnungen gelöst werden, ist aber mit erhöh-

tem Arbeitsaufwand verbunden. Dafür erhält man stets ein Gerät, dessen Volumen optimal ausgenutzt wurde.

Als Beispiel diene ein größerer Elektrolytkondensator mit mindestens einem Drahtanschluß. Bild 25a zeigt ihn noch ohne Armatur stehend montiert. Das ist aber nur bei kleineren Bauelementen und nur so lange ohne Verlängerungsdraht möglich, wie die Länge des oberen Anschlußdrahtes in der gezeigten Lage noch die Leiterseite erreicht. Meist trifft dies nicht zu. Eine Verlängerung durch ein angelötetes Ende ist unschön und in der Nähe der Lötstelle auf der Leiterplatte auch unzweckmäßig (Bild 25b). Außerdem sind Anordnungen nach 25a und b auch deshalb nicht zu empfehlen, weil aus Gründen der Standfestigkeit der untere Draht sehr kurz abgeschnitten werden muß, so daß die Lötwärme das Bauelement beschädigen kann. Bild 25c schlägt daher eine einfache Armierung vor, die je nach Masse des Bauelements aus zwei oder drei Enden eines 0,8- bis 1-mm-Drahtes hergestellt wird.

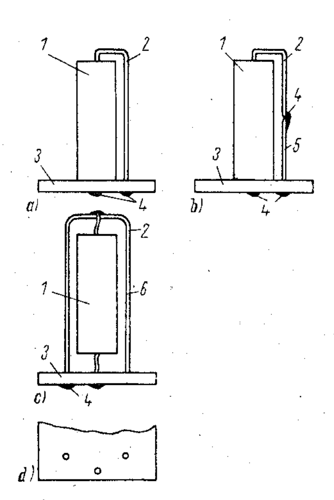


Bild 25
Stehend montiertes Bauelement: a) Grundform; b) ungünstige Verlängerung zu kurzer Anschlüsse; c) thermisch und mechanisch günstige Montage im Drahtgestell; d) Anschlußschema zu c). 1 Bauelement; 2 Anschlußdraht; 3 Leiterplatte; 4 Lötstellen; 5 Hilfsdraht; 6 Drahtbügel

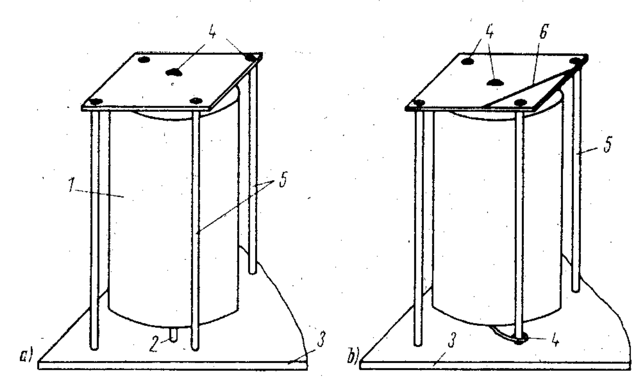


Bild 26 Stabiler Käfig für schwere Bauelemente: a) Käfig nur als Masseanschluß; b) durch Trennlinie in der Deckplatte kann auch der untere Anschluß an einen Steigdraht gelegt werden. 1 Bauelement; 2 unterer Anschluß; 3 Leiterplatte; 4 Lötstellen; 5 Steigdrähte; 6 Trennlinie

Im ersten Falle handelt es sich also einfach um ein U-Stück. In dieses hängt man den Kondensator in einigen Millimetern Abstand von der Leiterplatte an seinem masseseitigen Ende auf, das verlötet wird. Den unteren Anschluß kürzt man auf ein thermisch noch unkritisches Maß und befestigt ihn außerhalb der gedachten Verbindungslinie der Lötstellen, die das U-Stück in der Leiterplatte halten. Das Leitungsmuster ist entsprechend auszulegen (Bild 25d). Aus Stabilitätsgründen sind die Löcher für die Armatur deren Drahtdurchmesser anzupassen. Außerdem quetscht man die Drähte an entsprechender Stelle ein wenig, um eine feste Auflage auf der Leiterplatte zu erreichen (Entlastung der Lötstelle). Ein defekt gewordener Kondensator läßt sich aus diesem Gestell leicht entfernen. Die Erfahrung zeigte, daß so noch Kondensatoren von 18 mm Durchmesser und 40 mm Länge sehr zuverlässig und schüttelsicher gehalten werden, ohne daß merkbar Volumen beansprucht wird. Schwieriger zu befestigende Bauelemente können auch in einen Käfig ge-

hängt werden, der im einfachsten Falle aus einer rechteckigen Halbzeugplatte mit der notwendigen Anzahl eingelöteter Drahtenden besteht. Das stabilisierende Gegenstück kann die Leiterplatte selbst sein (Bild 26). Selbstverständlich wird der obere Anschluß stets der Masseanschluß sein, damit die Koppelgefahr zur übrigen Schaltung gering bleibt.
Kommt es nur darauf an, das Bauelement schüttelfest zu halten, ohne daß eine über den ganzen Körper greifende Armatur erforderlich scheint, so kann auch einfach die entsprechende Anordnung dreier kurzer Drähte in der Leiterplatte Halt bieten. Diese Drähte sollten wieder paßfest sitzen. Dadurch kann auch später an ihnen gelötet werden, z. B. zum Anschluß des Bauelements selbst. Der Bauelementekörper darf dann natürlich nicht leiten bzw. muß isoliert werden. Der dritte Draht dient zur Justage, um das Bauelement fest im Käfig zu halten (Bild 27).
Als Übergang schließlich zu Kapitel 4 kann jedes dieser Bauelemente, sofern das elektrisch keine Konsequenzen hat, auf einer kleinen, seinen Maßen angepaßten Leiterplatte montiert und mit dieser senkrecht auf der Hauptleiterplatte angeordnet werden. Die dabei auftretenden Befestigungsprobleme werden in Kapitel 4 behandelt.

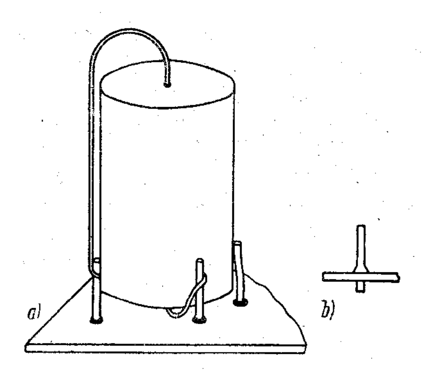


Bild 27
Stehend montiertes Bauelement: a) „Paßsitz" zwischen Drahtstümpfen; b) Gestaltung der Drahtenden für festen Sitz in der Bohrung und zur mechanischen Entlastung der Lötstelle

2.42 Halterungen für veränderbare Bauelemente

Hierzu gehören Befestigungen für Drehkondensatoren, Potentiometer, Trimmer, Einstellregler u. ä. Kontaktbauelemente (Schalter usw.) werden in Kapitel 3 behandelt. In vielen Fällen tritt jetzt der Draht als Mittel zum Zweck zurück. Dafür wird die Fläche aus lötfähigem Blech interessant, die bei zweckmäßiger Gestaltung (z. B. abgewinkelt) selbst bei kleinen Wanddicken mechanisch genügend stabil sein kann. Eine unerschöpfliche Rohstoffquelle bildet lötbares Konservenblech, das sich leicht mit der Schere bearbeiten läßt. Zusammen mit den bisher genannten Hilfsmitteln (kupferkaschiertem Halbzeug und Draht) als Armaturteile ist es auf diese Weise möglich, praktisch jedes benötigte herkömmliche Bauelement größerer Dimensionen mit relativ geringem Arbeitsaufwand der Leiterplatte anzupassen. Dabei können in vielen Fällen die von der Industrie benutzten Konzeptionen übernommen werden. Gleichzeitig erweitern sich mit diesem Blech auch die Möglichkeiten der in Kapitel 4 geschilderten Baugruppentechnik bezüglich Halterungen.

2.421 Halterung für Potentiometer mit Achse

Die in Röhrengeräten eingesetzten 0,4-W-Potentiometer mit 6-mm-Achse, mit oder ohne Schalter, sind auf verschiedene einfache Art zu adaptieren. Grundsätzlich sei betont, daß Schrauben als Befestigungselemente in der Leiterplatte auf die tatsächlich notwendigen Fälle beschränkt werden sollten. Die billigere Lötverbindung bietet, richtig angewendet, meist vollwertigen Ersatz bei kleinem Flächenbedarf. Die Potentiometerhalterung ist ein hauptsächlich mechanisches Problem. Dennoch müssen natürlich auch die elektrischen Anschlüsse umgewandelt werden. Da es sich um Lötfahnen mit Langloch handelt, ist es nicht schwer, sie für das Normloch zu beschneiden. Diese großen Potentio-

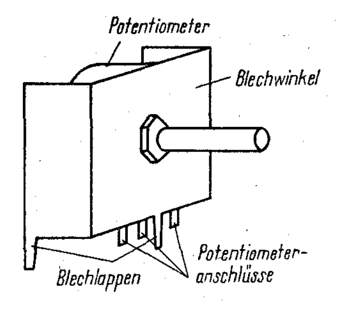
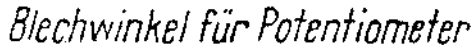


Bild 28
Einfache Armierung eines 0,4-W-Potentiometers für Betätigung parallel zur Leiterplatte

meter werden wohl kaum in Miniaturgeräten verwendet. Daher sollte man aus Stabilitätsgründen auf jeden Fall statt des 1- das 1,3-mm-Loch vorsehen und die Anschlüsse entsprechend breiter halten. Nachdem die drei Fahnen beschnitten und so gebogen wurden, daß sie in je drei Rastereinheiten Abstand in das Leitungsmuster passen, wendet man sich der mechanischen Halterung zu. Bild 28 zeigt eine von der Industrie übernommene einfache Lösung aus einem zweimal abgewinkelten Blech, das die Gewindebefestigung der Potentiometerachse aufnimmt und unten einige im Rastermaß liegende, dem Normloch angepaßte Lappen hat. An ihrer Stelle lassen sich auch Drähte benutzen,



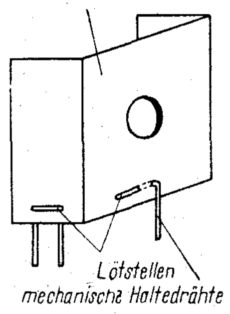


Bild 29
Draht als stabileres Anschlußelement auch bei Blecharmaturen (zwei Möglichkeiten)

die in je zwei Bohrungen im Blech eingezogen und, nachdem sie mit der Zange etwas mit dem Blech zusammengepreßt worden sind, verlötet werden (Bild 29). Diese Anschlußart ist stabiler als ein Blechlappen und gestattet außerdem, Blech zu sparen.

Bei der Festlegung der Lage der mechanischen Anschlüsse ist darauf zu achten, daß sie mit den elektrischen des Potentiometers selbst im gleichen Rasternetz liegen, d. h., von diesen ganzzahlige Rastersprünge entfernt sind!

Potentiometer mit Netzschalter werden auf die gleiche Art behandelt; der Netzschalter sollte besser über Drähte angeschlossen werden, die nicht in der Leiterplatte enden.

2.422 Montage von Knopfpotentiometern

Auch hiervon werden bereits Ausführungen für gedruckte Schaltungen hergestellt, aber nicht im Kleinhandel angeboten. An dem z. B. im „Sternchen" verwendeten Potentiometer mit Schalter einen mechanischen Eingriff vorzunehmen, ist wegen des Schalters nicht zu empfehlen. Man wird hier kaum einzelne Drahtanschlüsse umgehen können. Anders sieht es mit der schalterlosen Ausführung aus. Hier besteht die einzig notwendige mechanische Veränderung darin, den Schleiferanschluß vorsichtig in die durch die beiden anderen Anschlüsse bestimmte Ebene zu biegen. Man montiert dann am besten auf der Leiterseite, wobei den mechanischen Halt die am Körper angebrachte Schraube übernimmt. In der Leiterplatte ist dafür ein Schlitz nach Bild 30 erforderlich. Das Leitungsmuster, auf das die Anschlüsse ohne mechanische Spannung zu löten sind, muß die ebenfalls dort skizzierte Form haben. Die schraffierten Flächen dürfen nicht mit Leitungszügen belegt werden (Gefahr der Berührung mit den umgelegten Enden des Schleifrings bzw. mit der Metallachse). Bei einer solchen Lage kann auch

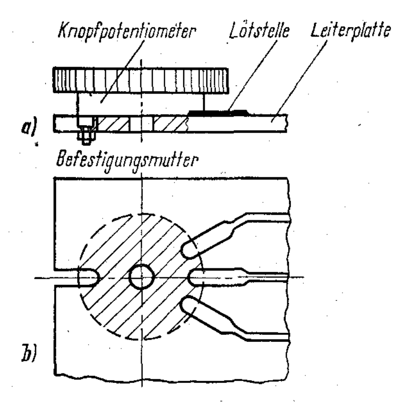


Bild 30
Anordnung eines Knopfpotentiometers auf der Leiterseite (schraffierte Fläche von Leitungen frei halten)

ein einfacher Schalter mit dem Potentiometer kombiniert werden, dessen „Aus"-Stellung z. B. durch eine im Potentiometerknopf angebrachte Vertiefung bestimmt wird.

Räumlich ist die Montage auf der Leiterseite oft recht ungünstig. Man kann jedoch diesen Teil der Leiterplatte ebensogut wieder getrennt als Armatur benutzen (die gleichzeitig den Schalter tragen kann) und diese Baugruppe senkrecht oder parallel zur Hauptleiterplatte in einer der in Kapitel 4 beschriebenen Arten auf ihrer Bauelementeseite unterbringen.

2.423 Montage von Einstellreglern

Auch diese Bauelemente werden für parallel (Form P) und senkrecht (Form S) zur Leiterplatte erfolgende Bedienung hergestellt, und auch sie sind dem Amateur noch nicht zugänglich. Bis der Handel erkennt, daß diese Formen für den Verbraucher von Interesse sind, muß man daher auf die herkömmlichen zurückgreifen. Auf der Leiterseite ist die Montage noch am leichtesten durchführbar, wenn für Versuchsschaltungen einfach die entsprechend gebogenen Anschlüsse auf die Folie

gelötet werden. Dies ist aber für den endgültigen Zustand nicht zu empfehlen, da die Folie zu stark beansprucht wird. Für die Bedienung parallel zur Leiterplatte, die in der Ebene sehr wenig Platz verbraucht, muß der Einstellregler etwas bearbeitet werden. Mit Hilfe einer kleinen Schere, einer Justierzange und mit etwas mechanischem Geschick läßt sich der Regler dann aber sogar für 1-mm-Löcher herrichten. Die beiden festen Anschlüsse müssen dazu aus der radialen Richtung gebracht werden, so daß sie zueinander parallellaufen. Das geschieht durch Verwinden des Fahnenteils, der gerade aus der Isolierplatte austritt, bevor er abbiegt. Die Lötösen werden dann aufgeschnitten und die innenliegenden Hälften entfernt. Etwa längs der Mitte des Befestigungsloches wird auch das Hartpapier der Trägerplatte abgeschnitten. Den Schleiferanschluß hebt man aus seiner Kerbe, biegt ihn nach

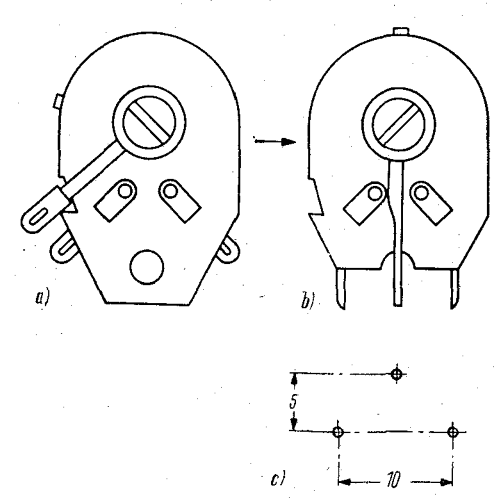


Bild 31 Einstellregler: a) vor, b) nach der Adaptierung (Betätigung parallel zur Leiterplattenebene); c) Anschlußschema

außen, verwindet ihn um 90° und entfernt die nun nach außen weisende Lötösenhälfte. Damit erhält man ein Anschlußschema nach Bild 31c, während Bild 31b ein solches verändertes Exemplar neben dem noch nicht behandelten nach Bild 31a zeigt. Wenn auch die Beschreibung nach „Gewaltlösung" aussehen mag, so hat sie sich doch bereits bewährt. Schließlich ist ein Einstellregler auch kein Präzisionselement, und sein geringer Preis erlaubt es, das Experiment bei Mißlingen zu wiederholen.

Es liegt nahe, die beiden festen Anschlüsse für eine senkrecht zur Leiterplatte erfolgende Betätigung auf der Widerstandsschichtseite nach unten abzubiegen. Das darf aber nicht an der ursprünglichen Biegestelle geschehen, da diese beim Aufbiegen bricht. Es genügt aber, die Fahne dicht hinter dieser Stelle abzubiegen, bis zu der sie doch nur in das Loch der Leiterplatte gesteckt werden kann. Diese Länge allerdings muß man restlos ausschöpfen, da auf der Leiterseite nur ein Drahtende von etwa 1 mm herausragt. Der Schleiferanschluß ist für unmittelbares Einführen in dieser Lage leider zu kurz. Man verlängert ihn deshalb (ausnahmsweise!) durch einen Draht. In beiden Fällen ist eine stärkere Belastung senkrecht zur Isolierstoffplatte des Reglers beim Einstellen zu vermeiden. Das wird aber bei geeignetem Schraubenzieher stets möglich sein.

2.424 Montage von Drehkondensatoren

Diese Aufgabe ist sehr komplex, denn es gibt die verschiedensten Formen und Größen dieses Bauelements. Hier müssen daher einige allgemeine Hinweise genügen. Wenn auch der Einsatz von sogenannten Quetschdrehkos glücklicherweise langsam „aus der Mode kommt", so soll doch davor gewarnt werden, einen solchen Drehko, mit der Achse durch die Leiterplatte ragend, auf der Leiterseite anzuordnen. Dadurch wird

ein Experimentieren mit der Schaltung sehr erschwert, denn zu viele Lötstellen sind dann unzugänglich. Es ist günstiger, diesen Drehko neben der Schaltung unterzubringen. Beides kann dann z. B. in einem gemeinsamen Trägerrahmen montiert werden.

Einen „Sternchen"-Drehko dagegen wird man selbstverständlich auf der Bauelementeseite montieren wie jedes andere Spezialbauelement für gedruckte Schaltungen. Kleinere Luftdrehkos mit Zentrallochbefestigung, wie sie oft verwendet werden, sollte man bauelementeseitig, wie sonst im Chassis üblich, einsetzen. Die Lage der Leiterplatte im Gerät wird damit von der Betätigungsrichtung des Drehkos bestimmt.

Für größere Luftdrehkos mit Schraubbefestigung ist je nach Größe und Masse zu entscheiden, ob noch am Gehäuse angeschraubte und mit Lappen oder Befestigungsdrähten versehene Bleche verwendet werden können oder ob der Drehko als stabilisierendes Bauelement mit der Leiterplatte an mehreren Punkten verschraubt wird. In diesem letzten Falle kann im Extrem sogar der Drehko tragendes Bauelement werden, das die Leiterplatte als „Anhängsel" enthält — ein in der Transistortechnik durchaus möglicher Fall.

2.425 Montage von Trimmern

Trimmkondensatoren sind in sehr vielen Formen erhältlich, und sinngemäß können einige von ihnen wie Einstellregler adaptiert werden. Der gebräuchliche Scheibentrimmer kommt bei liegender Montage ohne die sonst üblichen Schrauben aus, wenn ein 0,8- bis 1-mm-Draht entweder durch den auf der Trägerplatte befindlichen Anschluß geführt oder als U-Stück über diesen gelötet und durch die Befestigungslöcher gesteckt wird (Bild 32). Wenn auch für den Masseanschluß einfach ein 3-mm-Loch gebohrt werden kann (was natürlich auch für den erstgenannten möglich ist), so sollte aus Platzgründen doch dem Normloch oder

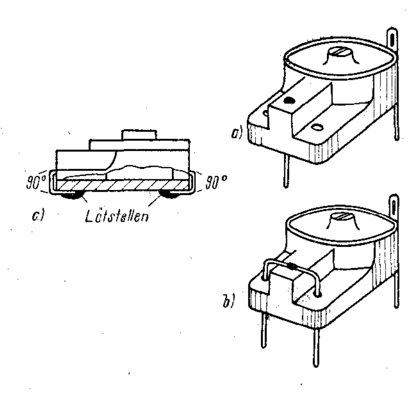


Bild 32
Montage von Scheibentrimmern: a) durch den Anschluß gesteckter Draht; b) durch die Befestigungslöcher geführtes Draht-U-Stück; c) um die Kanten einer kleineren Baugruppe zweimal um 90° abgebogene Anschlüsse (bruchsicher)

dem 1-mm-Durchbruch der Vorzug gegeben werden. Daher muß durch die Öse des hochgebogenen zweiten Anschlusses ein entsprechend stabiler Draht gesteckt, umgebogen und angelötet werden. Die Verwendung der beschnittenen Fahne des Masseanschlusses selbst, nach dem Hochbiegen um 180° zurückgebogen, scheidet aus Materialgründen aus, da er bei einer so starken Biegung mit Sicherheit bricht. Schon beim Hochbiegen um 90° muß daher vorsichtig gearbeitet werden, ein Zurückbiegen ist nicht mehr möglich.

Für Spulensatzbaugruppen u. ä. bietet sich aber noch eine flächensparende Lösung an, die ebenfalls mit 90°-Biegungen dieses Anschlusses auskommt. Auch sie ist in Bild 32 enthalten.

Eine senkrechte Montage dieser oft recht schwer zu betätigenden Bauelemente ist nur im Zusammenhang mit einer senkrecht stehenden Trägerplatte zu empfehlen.

2.5 Armaturen mit isolierenden Eigenschaften

Je enger ein Gerät aufgebaut werden muß, um so mehr interessiert die Berührungssicherheit zwischen Bauelementen verschiedenen Potentials. In Bild 7

wurde bereits gezeigt, daß besonders bei senkrecht gestellten Bauelementen der heruntergeführte Draht isoliert werden sollte. Kleinere Elkos umwickelt man mit isolierender Folie oder überzieht sie mit passendem Isolierschlauch. Teilweise werden diese Bauelemente heute bereits so geliefert. Sehr dichte Anordnungen senkrecht stehender Bauelemente lassen sich nach der Montage auch voneinander isolieren, indem passende Streifen Ölpapier o. ä. hindurchgeflochten werden.

Eine recht elegant wirkende Möglichkeit bietet [9] in Form des „Wabenchassis". Dort wird ein isolierendes Gerüst entsprechend den Maßen der einzelnen Bauelemente aus Papier zusammengeklebt. Dieses Gerüst sollte man bei Einsatz in der gedruckten Schaltung zunächst auf der Leiterplatte befestigen und danach die Bauelemente in die vorgesehenen Kammern stecken. Zu kurze obere Anschlüsse fängt man von vorherein durch entsprechend lange, von der Leiterplatte kommende Drähte ab. Dies erscheint für Reparaturzwecke günstiger und wird der gedruckten Schaltung besser gerecht als die vom Autor [9] vorgeschlagene beidseitige Verdrahtung, die allerdings auch von herkömmlicher Verdrahtung ausging.

3. KONTAKTBAUELEMENTE IM EIGENBAU

Hierzu zählen solche Bauelemente, die innerhalb der Schaltung wahlweise Verbindungen herstellen sollen (Schalter) und solche, die der Verbindung nach außen dienen (Stecker und Lötanschlüsse). Die Möglichkeiten des Amateurs sind vielfältig und hauptsächlich vom mechanischen Geschick des einzelnen abhängig und von der Fähigkeit, das Halbzeug in immer neuen Kombinationen einzusetzen. Die folgende Übersicht kann daher nur unvollständig sein und ist vorwiegend als Anregung für eigene Ideen aufzufassen.

3.1 Schalter

Einfache Schalter mit einem oder mehreren Ein- oder Umschaltkontakten, die sich zwanglos in das Leitungsmuster einfügen lassen und genügend klein sind, erhält man kaum. Die handelsüblichen Kippschalter widersprechen der Miniaturisierung. Bei den kleinen Strömen transistorisierter Geräte sind sie oft Störungsursache durch schlechte Kontaktgabe. Ins Leitungsmuster passen sie überhaupt nicht. Die Einlochmontage bindet eine größere Leiterfläche. Die Anschlüsse müssen verdrahtet werden. Verdrahtet werden muß auch der Rest eines Bauelements, das bereits einen recht brauchbaren kleinen einpoligen Schalter enthält, nämlich das aus dem „Sternchen“ bekannte Potentiometer.

Es bietet einen gewissen Reiz, die Funktion ein- und mehrpoliger Ein- und Umschalter in Leiterplattentechnik und möglichst klein nachzuahmen. So entstand die im folgenden beschriebene Gruppe von Kipp- und Schiebeschaltern.

3.11 Kipp- und Schiebeschalter

Für Halbleiterschaltungen niedrig begrenzter Maximaltemperatur kann als Federmaterial für Schalter durchaus PVC hart verwendet werden. Zusammen mit Bronzefederdraht von 0,4 mm Durchmesser in geeignet geformten Stücken und mit entsprechend bemusterten kleinen Halbzeugplatten lassen sich sehr kleine mehrpolige Umschalter herstellen, die in vielen Fällen voluminöse Kellogs ersetzen können und deren eine Leiterfläche sich ohne weiteres in das Leitungsmuster einbeziehen läßt, sofern das Bedienungsorgan dort zugänglich ist. Die Bilder 33 und 34 zeigen Einzelteile und Funktionsskizze eines solchen Kleinkippschalters mit zwei Umschaltkontakten, der sich bereits in mehreren Exemplaren bewährt hat. Boden- und Deckplatte enthalten je zwei feststehende Kontakte und deren Anschlüsse im Leitungsmuster. Die beiden beweglichen Kontakte sind geeignet geformte Federn aus 0,4-mm-Bronzedraht, getragen von der geschlitzten PVC-Feder. Stirnseitig werden die Drahtfedern mit dem Lötkolben in die Vinidurkante eingebettet. Auf die Blattfeder drückt beim Umschalten der Kipphebel, der in der ersten Variante durch einen Schlitz in der Deckplatte ragt und mit einem Drahtbügel in zwei Bohrungen ge-

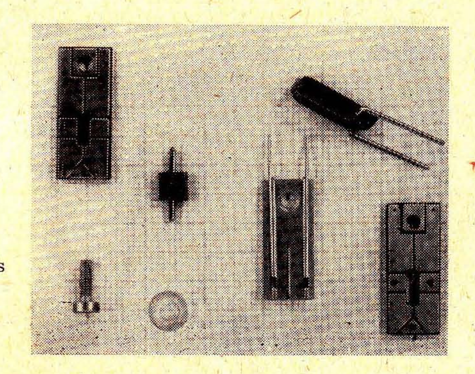


Bild 33
Einzelteile eines „gedruckten" Kippschalters (zweipoliger Umschalter)

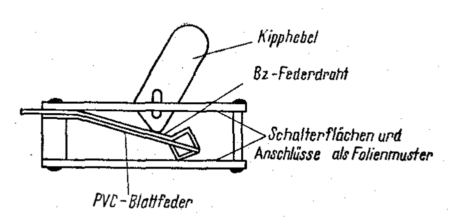


Bild 34 Kippschalter, Funktionsskizze

halten wird. Die Bügelenden können nochmals nach oben gebogen und so als Befestigungselemente benutzt werden. Die Deckplatte erhält ein Gewinde M 2,6 oder 3. Eine Schraube verbindet Boden- und Deckplatte und klemmt mit einem Abstandsstück die Feder fest. Die wichtigsten Maße lassen sich Bild 33 entnehmen. Damit der Kipphebel auch beim Andrücken stabil steht, erhält er eine geeignete Schräge. Die Ruhekontakte sollen mindestens 100 p Kontaktlast aufweisen, d. h., die Bronzefedern sind in der gezeigten Weise zu formen. Damit beide Kontakte bei geringen Toleranzforderungen sicher schließen, ist die PVC-Feder entsprechend Bild 33 zu schlitzen.

Die Kontaktflächen stellen einfache Trennlinienmuster dar. Sie sind daher schnell zu zeichnen und billig herstellbar. Bei Serienherstellung ist Oberflächenveredelung zu empfehlen.

Dieser Kippschalter stellt nur eine von vielen Möglichkeiten dar. So bringt der Mittelschlitz der Deckplatte bei unsachgemäßer Montage des Kipphebels Bruchgefahr. Diese wird bei seitlicher Betätigung der Feder durch einen keilförmig endenden Hebel beseitigt, der an die Stelle des vorderen Abstandsstückes tritt und mit einem 1-mm-Draht gelagert wird. Gleichmäßigen Andruck beider Kontakte erreicht man durch geeignete Schräge bei bestimmter Anschlagstellung. Die Feder darf hier nicht geschlitzt sein.

Schließlich sei noch eine Schiebeschalterausführung erwähnt, die ausschließlich die Federwirkung des Bronzedrahts ausnutzt. Die geeignet geformten Drähte werden auf der Bodenplatte festgelötet. Ein Abstandsstück hält sie nach Zusammenbau in ihrer Lage. In Ruhestellung liegt das vordere Drahtende, das keine scharfe Kante haben darf, auf dem Leitungsmuster der Grundplatte auf. Der obere Isolierstreifen des Schiebers, der die Arbeitskontakte abdeckt, verstärkt den Auflagedruck. Schiebt man den Schieber nach vorn, so werden die Arbeitskontakte freigegeben und gleichzeitig von den Ruhekontakten aus die Federdrähte an die Deckplatte gedrückt. Der jetzt drückende Streifen isoliert dabei das Federpaar vom Leitungsmuster der Grundplatte. Einzelteile und Prinzip werden durch die Bilder 35 und 36 wiedergegeben.

Bei den verwendeten Federwerkstoffen muß man mit allen auftretenden Belastungen unterhalb der Fließ-

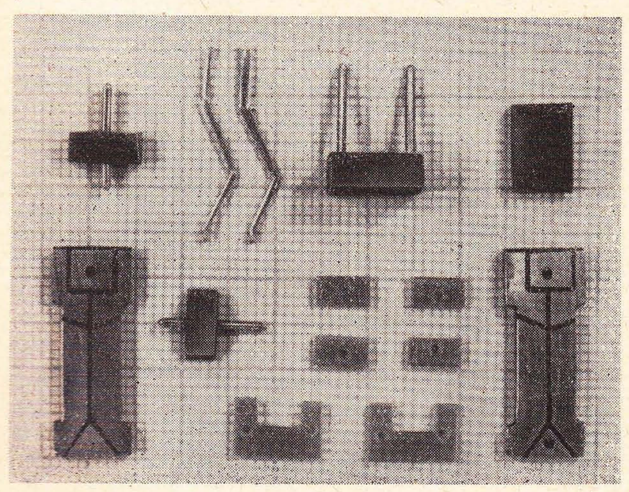


Bild 35 Einzelteile eines Schiebeschalters mit zwei Umschaltkontakten

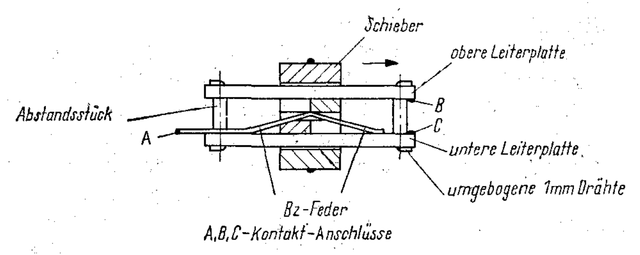


Bild 36 Schiebeschalter nach Bild 35, Funktionsskizze

grenze, also im elastischen Bereich, bleiben. Dabei ist die obere Grenztemperatur zu berücksichtigen. In die Nähe wärmeabstrahlender Bauelemente darf kein Schalter mit Vinidurfeder kommen. Ein zu kleiner Kontaktdruck gewährleistet keine einwandfreie Kontaktgabe, zu hoher deformiert oder zerstört die Kupferfolie.

Die in den Beschreibungen als abgeschlossene Einzelbauelemente gezeigten Schalter können selbstverständlich im Einsatzfall Teil eines Leitungsmusters sein, wenn sie nicht in normalen Verdrahtungen eingesetzt werden sollen, was ihre Kleinheit nahelegt. Für die Kleinserienfertigung mit einfachen Hilfsmitteln bietet sich auch hier in den zentralen Radioklubs die Möglichkeit, ein brauchbares modernes Bauelement selbst herzustellen.

Der Schalter nach Bild 34 hat, als ein- bzw. zweipoliger Einschalter auf der Leiterseite ausgeführt, einschließlich der Schalterdrähte nur im Leitungsmuster enthaltene bzw. befestigte Kontakte. Erst als Umschalter erfordert er eine zweite Leiterplatte als Deckplatte, deren Kontakte verdrahtet werden müssen. Doch auch dies läßt sich umgehen, wenn die Deckplatte in Form und Muster so ausgeführt wird, daß ihre Befestigungselemente (gelötete 1-mm-Drähte) gleichzeitig die elektrische Verbindung zum übrigen Muster herstellen.

Der Aufnahme der Schalterkontakte in das Leitungsmuster steht aber oft entgegen, daß dadurch die Leiterseite mehr Raum benötigt, als der Höhe der Lötstellen entspricht. Entweder nutzt man den verbleibenden toten Raum zur Aufnahme der Batterie o. ä. aus, oder es wird die vom Leitungsmuster getrennte Variante auf der Bauelementeseite eingesetzt oder an beliebiger anderer Stelle des Gerätes je nach dessen Aufbau. Man verliert zwar den Vorteil des mit dem Muster „integrierten" Bauelements, behält aber weiterhin den seiner Kleinheit.

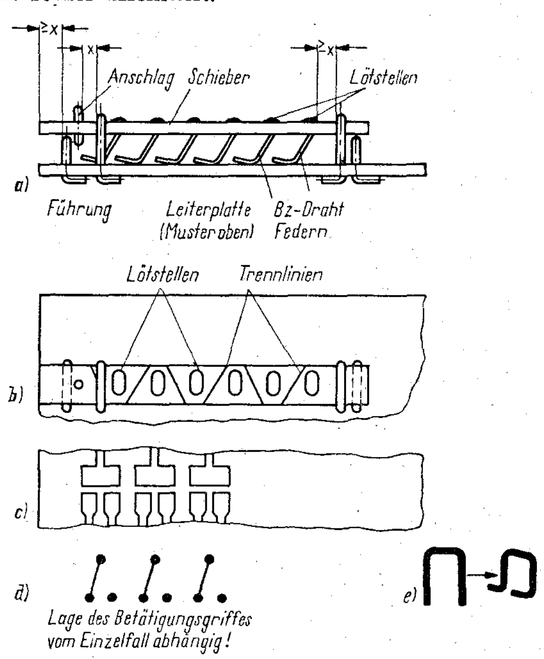


Bild 37 Vorschlag für einen Schiebeschalter auf der Leiterplatte: a) Seitenansicht; b) Draufsicht; c) Leitungsmuster; d) Schaltprogramm (bei diesem Muster); e) Federherstellung

Bild 37 zeigt schließlich noch einen Vorschlag für einen Schiebeschalter mit einer nur durch mechanische Fragen begrenzten Zahl von Kontakten. Seine Zuverlässigkeit hängt außerdem stark davon ab, mit wie kleinen Toleranzen sich die einzelnen Federn herstellen und einbauen lassen. Eine Montagelehre dürfte daher zweckmäßig sein. Der Schalter besteht aus einem Schieberstreifen mit einfachem Trennlinienmuster und Bohrungen, einer Anzahl in diese eingesetzter und durch Lötstellen gesicherter Federbronzedrähte von 0,3 bis 0,4 mm Durchmesser, einer vom Einsatzfall bestimmten mechanischen Führung und den im Leitungsmuster der Leiterplatte enthaltenen Gegenkontakten. Die Herstellung dieses Schiebeschalters für beliebige Schalterprogramme wird nur dem mechanisch genügend erfahrenen Amateur empfohlen. Eine Gefahr für einwandfreie Kontaktgabe bildet eine mögliche Durchwölbung des Kontaktstreifens beim Löten, die man mit einem versteifenden Metallwinkel abfangen müßte. Die notwendigen Mittel zum Aufbau sind also gering. Oberflächenveredelung ist auch hier günstig.

3.12 Tastenschalter

Es ist eine Sache der Definition, unter welche Gruppe man welchen Schalter einordnet. Das hier kurz beschriebene Beispiel bedient sich einer Anordnung von Steckkontakten, die in ähnlicher Form auch in Abschnitt 3.3 verwendet werden. Ihre Herstellung wird dort erläutert. Nach Bild 38 ergibt sich die Schalterwirkung daraus, daß wahlweise die linke oder die rechte Kontaktgruppe gesteckt wird, wenn man die entsprechende Taste drückt. Eine einfache Rastung durch einen PVC-Winkel mit thermisch erzeugter Erhöhung vermittelt ein besseres Gefühl des „Tastens“. Die jeweils zwei Kontakte verbindenden Stecker (1-mm-Drähte) des Taststreifens, der ebenfalls aus Halbzeug mit Trennlinienmuster besteht, beschreiben beim Schalten einen geringen Teil eines Kreises. Um

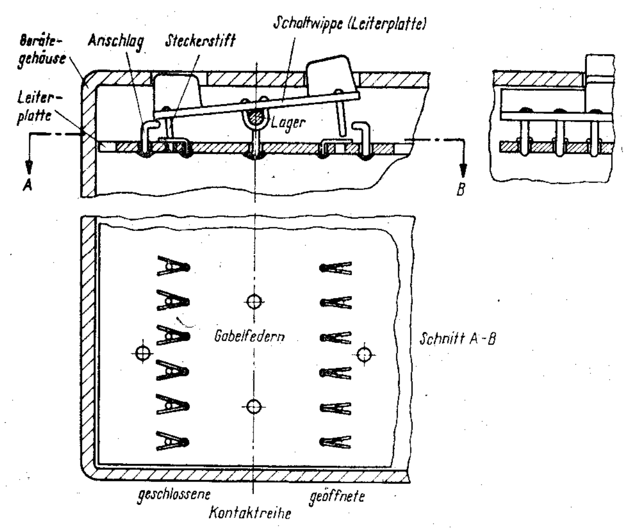


Bild 38 „Tastenschalter“ mit Gabelkontakten

die dadurch verursachte Wanderung der Kontaktstelle abzufangen, bildet man die Gegenkontakte als Gabeln aus (Bz-Draht 0,4 mm Durchmesser, s. 3.3!) und hält die Aufnahmelöcher genügend groß. Ihr nötiger Durchmesser ist um so kleiner, je kürzer der Weg des Taststreifens sein muß, der von der Konstruktion abhängt. Normalerweise ordnet man diesen Schalter (wenn er nicht als selbständige Einheit benutzt wird) auf der Bauelementeseite an. Geringe Änderungen ermöglichen aber auch den Einsatz auf der Leiterseite, wenn dies zweckmäßiger erscheint.

Von komplizierteren Konstruktionen, z. B. von ganzen Tastenaggregaten nach Art der Schiebe- oder Drucktastenschalter der Industrie, sei hier abgesehen. Sie bleiben der Geschicklichkeit des einzelnen überlassen und erfordern, besonders zur Herstellung der Kontaktbrücken, oft erheblichen Aufwand mechanischer Art.

3.13 *Drehschalter*

Auch diese Bezeichnung bezieht sich auf die Art der Betätigung. Im allgemeinen kennt man sie als „Stufenschalter". Sie stellen den Prototyp des für Leiterplatten geeigneten Schalters dar. Der Grundaufbau – ein sich auf einem Kreis über in der Kreisebene angeordneten Einzelkontakten bewegender Schleifer – ist sofort ins Leitungsmuster übertragbar. Mehr oder weniger „klassisch" bleiben Rastkopf, Feder und Schleifer. Daher ist es möglich, diese Teile einfach herkömmlichen Modellen zu entnehmen und nur die Kontakte im Leitungsmuster vorzusehen. Auch hier ist Oberflächenveredelung erwünscht, doch schon eine leichte Fettung mit säurefreier Vaseline gestattet dem Amateur bei entsprechender Wartung in vielen Fällen auch die Benutzung der Folie allein als Kontakt.
Die Gestaltung des Schleifers muß sicherstellen, daß der Verschleiß der dünnen Folie gering bleibt. Der in

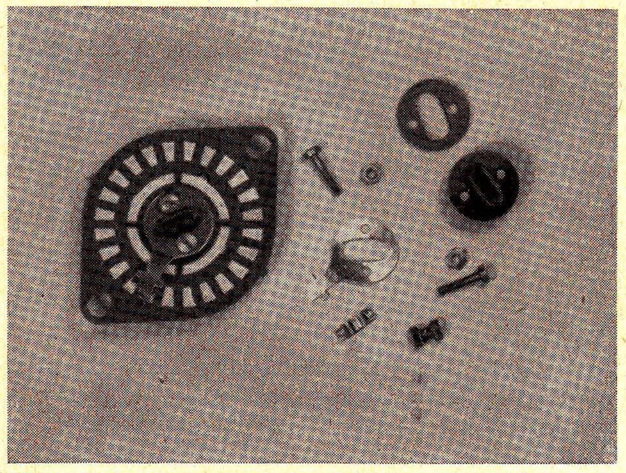


Bild 39 Stufenschalterebene des EGW Gornsdorf, daneben die bei gedruckten Kontakten nur noch benötigten Teile dieser Ebene

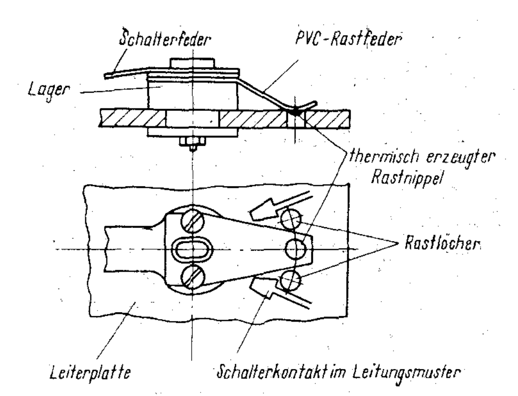


Bild 40 Einfache Rastung für gedruckten Stufenschalter

Bild 39 gezeigte bekannte Schalter des EGW Gornsdorf, der auch dem Amateur zugänglich ist, erwies sich als für Leiterplattentechnik recht brauchbar. Die Kontaktbahn wird im Leitungsmuster nachgeahmt, der komplette Schleiferaufbau übernommen. In der Leiterplatte ist eine entsprechende konzentrische Aufnahmebohrung notwendig. Die Schulter des Führungsstückes für das Schaltschwert muß etwas abgefeilt werden, damit das axiale Spiel dieses auch als Führung der Schalterfeder wirkenden Preßteiles im 1,5-mm-Halbzeug klein bleibt. Der Rastkopf ist für Kleinbauweise im Wege. Ein aus 1-mm-PVC-hart gebogenes und thermisch mit einem Rastnippel versehenes Federstück vermag ihn, zusammen mit entsprechenden Bohrungen in der Leiterplatte, sehr raumsparend zu ersetzen (Bild 40). Die beiden Schrauben des Führungsstückes nehmen diese Rastung mit auf und gestatten gleichzeitig die Befestigung einer flachen Betätigungsscheibe aus PVC oder Hp von beliebiger Größe, die sich in die meisten Gerätekonzeptionen vorteilhaft einfügt. Sie kann sowohl bauelemente- als auch leiterseitig angebracht werden.

3.2 Lötanschlüsse

Sehr wichtig sind die Verbindungen der Schaltung nach außen (Eingang, Ausgang, Stromversorgung usw.). Auf der Folie kann nicht beliebig oft gelötet werden. Daher gibt es bereits eine Vielzahl von Lötösen für die gedruckte Schaltung. Ihre Gestaltung muß gewährleisten, daß beim Anlöten einer Verbindung entweder die Lötstelle auf der Leiterseite gar nicht erweicht oder daß die Öse mechanisch unverrückbar festsitzt, so daß die elektrische Verbindung nicht unterbrochen werden kann.

Dem Amateur genügt ein verzinnter Draht von 0,6 bis 0,8 mm Durchmesser, der auf verschiedene Arten in Bohrungen der Leiterplatte mechanisch zuverlässig angebracht und verlötet werden kann. Bild 41 gibt dazu einige Beispiele. Nachteilig bei den gezeigten Lösungen ist der Bedarf von zwei Bohrungen je Lötöse. Man kann aber auch mit passendem, lötfähigem Blech die industriell eingesetzten Lötösenformen nachahmen. Diese werden dann in nur ein Loch gesteckt, in dessen Ränder sie leicht einschneiden, und ggf. zusätzlich auf der Folienseite umgebogen. Ungünstig ist der Kompromiß zwischen Stabilität und der Herstellbarkeit mit einer Schere. Beispiel b und d in Bild 41 kommen aber auch mit einer Bohrung aus,

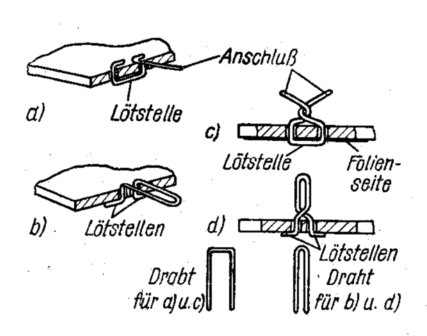


Bild 41
Lötanschlüsse: a) einfacher Kantenanschluß; b) Kantenanschluß als Öse; c) und d) Anschlüsse senkrecht zur Leiterplatte

wenn als Drahtdurchmesser der halbe Lochdurchmesser gewählt wird, so daß die Öse fest in der Bohrung sitzt. Diese Lösung hat sich gut bewährt.

3.3 Steckverbindungen

Dem Anhänger der Baustein- und Einschubtechnik werden steckbare Baugruppen mehr zusagen als gelötete. Er hat dabei die Möglichkeiten des direkten und des indirekten Steckens.

3.31 Direkte Steckverbindungen

Hier erhält die Leiterplatte an einer Kante kammartig angeordnete Kontakte, die in eine Federleiste geschoben werden, an der der Kabelbaum endet. Bild 42 deutet an, wie ein solches Problem einschließlich der Herstellung der Federleiste gelöst werden kann, wenn für diese nicht eine der im EGW Gornsdorf hergestellten Kontaktleisten verwendet wird. Auch hier ist z. B. Versilbern von Kamm und Federn zu empfehlen. Dabei (wie auch in allen anderen genannten Fällen) könnte das in [11] angegebene Verfahren Verwendung finden. Die Vor- und Nachteile einer direkten Steckverbindung wurden bereits im ersten Teil erörtert.

Es ist zweckmäßig, an einer bestimmten, vom Leitungsmuster abhängigen Stelle in der Leiterplattenkante statt eines Kontaktmessers einen Kerb vorzusehen und die entsprechende Gegenfeder hochzubiegen. Dadurch entsteht ein Schlüssel für den unverwechselbaren Einsatz der Baugruppe.

Einen interessanten Entwicklungsgang für diese Leiste demonstriert Bild 43. Die einzelnen Phasen sind gleichzeitig mögliche Einsatzfälle. 43a stellt die Ausgangsvariante mit seitlichen Führungsstücken für die Leiterplatte dar, zusammengehalten durch zwei 1-mm-Drähte, die oben und unten durch Lötstellen festgelegt

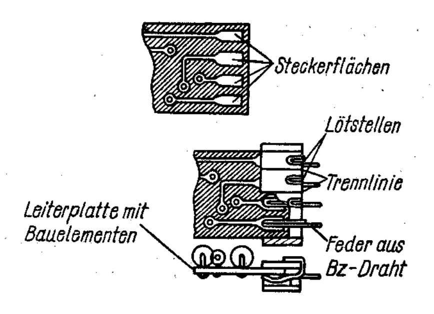


Bild 42
Direkte Steckverbindung; Vorschlag zur Selbstherstellung der Federleiste

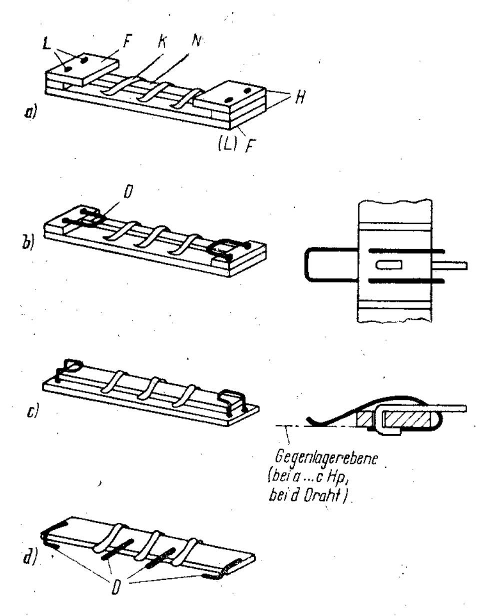


Bild 43 Entwicklungsstufen einer Federleiste für direktes Stekken (Erläuterungen s. Text)

werden. In 43b wurden diese Drähte verlängert und dienen unter Einsparung der Deckteile als horizontale Plattenführung. In 43c übernehmen sie auch die Anschlagfunktion, sparen also nochmals ein Teilepaar. 43d schließlich besteht nur noch aus einem einzigen trennlinienbemusterten Halbzeugstreifen, bei dem (was für kleine Baugruppen ausreicht) ausschließlich 1-mm-Drähte als Führungsstücke gebraucht werden. In dieser Ausführung ist er besonders raumsparend auch auf größeren Leiterplatten zur lösbaren Aufnahme von Unterbaugruppen geeignet, die also ohne zusätzliche Steckerteile auskommen. Dabei dienen die herausragenden Federenden als elektrische, zwei U-förmige 1-mm-Drähte als mechanische Anschlüsse. Das eröffnet noch eine weitere interessante Möglichkeit. Dreht man die eben genannte größere Leiterplatte um 90°, so kann diese als „Gestellrückwand" fungieren. Übereinander horizontal an ihr angeordnete Federleisten können durch eine solche geeignet bemusterte „Rückwand" ohne Kabelbaum miteinander zu einer „Anlage" in Kleinstbauweise „verdrahtet" werden.

3.32 Indirekte Steckverbindungen

Unempfindlich gegen Dickentoleranzen des Halbzeugs und vom Amateur mit durchaus tragbarem Aufwand realisierbar sind indirekte Steckverbindungen, die sich der herkömmlichen Elemente „Stecker" und „Buchse" bedienen. Man sollte hier zwischen Einzel- und Mehrfachverbindungen unterscheiden. In Anknüpfung an die direkten Steckverbindungen seien hier zunächst die Mehrfachverbindungen behandelt. Sie besitzen verschiedene Vorteile. Zunächst ist es mit geeigneten Buchsen möglich, auf kleinem Raum eine größere Anzahl zuverlässiger Kontaktstellen unterzubringen. Außerdem aber fällt die Bindung an eine bestimmte Anordnung der Leiterplatte weg. Diese Behauptung beweist Bild 44. Das vertikale Stecken, wie es aus dem

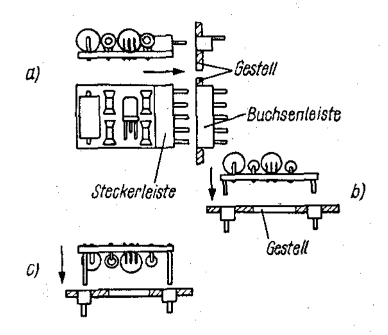


Bild 44
Indirekte Steckverbindungen: a) Stecker parallel zur Leiterplatte; b) Stecker senkrecht zur Leiterplatte; c) Stecker auf der Bauelementeseite

Bild hervorgeht, ermöglicht z. B. eine sehr gute Trennung von Ein- und Ausgang in Schaltungen, deren einzelne Baugruppen schnell lös- und auswechselbar sein sollen. Diese Art des Steckens erlaubt eine beliebige Verteilung der Stecker auf der Fläche. Im Aufnahmerahmen werden an den entsprechenden Stellen die Buchsen untergebracht.

Man benötigt für diese Verbindungen Einzelteile, die seit Jahren in der sieben- bzw. neunpoligen Miniaturröhrenfassung angeboten werden. Diese Fassung enthält nämlich „Buchsen" in Form von Schabefedern, die sich einzeln oder auch mit der Fassung zusammen ausgezeichnet für die geschilderten Zwecke eignen. Als Stecker kann 1mm-Cu-, Bz- oder noch besser Silber-

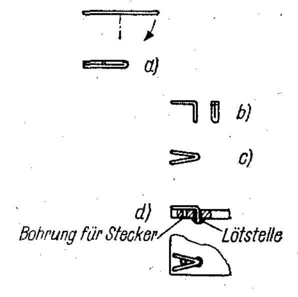


Bild 45
Herstellung einer Gabelfeder: a) Draht falten; b) abwinkeln senkrecht zur Drahtebene; c) etwas aufbiegen; d) in die Leiterplatte einsetzen

draht dienen. Der Nachteil der Schabefeder ist ihr großer Kontaktdruck, außerdem beanspruchen die scharfen Kanten den Stecker stark, wenn er nur oberflächlich veredelt ist. Sie wirken allerdings beim Stecken reinigend.

Mit dem bereits genannten 0,4-mm-Bronzedraht läßt sich aber leicht eine weichere Feder nach dem Gabelprinzip herstellen, die sich bereits in vielen Fällen bewährt hat. Bild 45 zeigt die Arbeitsgänge bei der Herstellung.

Während sich die 1-mm-Stifte leicht in entsprechende Bohrungen der Leiterplatte einsetzen lassen, auf der sie lediglich ein Lötauge im entsprechenden Leitungszug beanspruchen (Bild 46), sind für die Federn Träger erforderlich. Diese sollten ebenfalls wieder aus kupferkaschiertem Halbzeug bestehen. Bild 47 enthält einige

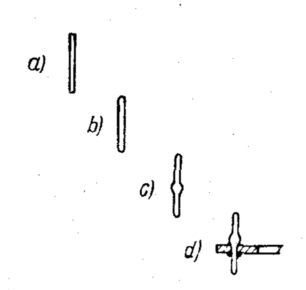


Bild 46
Steckerstift für beidseitigen Anschluß: a) abschneiden; b) anspitzen; c) etwa in der Mitte ein wenig breitdrücken; d) fest in passende Bohrung setzen und löten

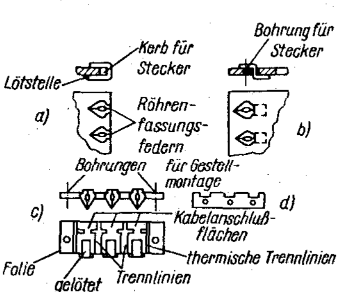


Bild 47
Indirekte Steckverbindungen, Buchsenleisten:
a) senkrecht zur Plattenkante, Steckertiefe $\leq$ 1,5 mm;
b) in Schlitze eingesetzt, Steckertiefe beliebig
c) parallel zur Plattenkante;
d) selbständige Buchsenleiste, Träger

Möglichkeiten dafür, die sich sinngemäß auch darauf anwenden lassen, daß innerhalb einer Leiterplatte selbst steckbar angeordnete Teile untergebracht werden sollen (z. B. Steckspulen). Es ist sogar möglich, auf diese Weise – besonders günstig mit Gabelfedern – Röhrenfassungen im Muster unterzubringen, ohne daß dazu die speziell für gedruckte Schaltungen hergestellten zur Verfügung stehen müßten (Kapitel 5).

Um die Toleranzen der Einzelfertigung weitgehend aufzufangen, ist die Herstellung indirekter Steckverbindungen wie folgt sinnvoll. Möglichst im Rastermaß wird eine Aufnahmelehre für öfter benötigte Steckeranordnungen gebohrt. Diese benutzt man zunächst als Bohrlehre für die Leiterplatte und danach zum Ausrichten der einzelnen Stecker beim Einlöten. Mit kurzen Steckerstiften bestückt, dient sie anschließend zur Justierung der Federn auf der Gegenplatte bis zum Löten. Damit ist die Relativlage Stecker–Stecker die gleiche wie die Feder–Feder (Bild 48).

Bei allen Steckverbindungen ist eine zusätzliche Führung und Arretierung der Leiterplatte unumgänglich.

Für die schnelle Zusammenschaltung mehrerer mit solchen Steckerstiften versehener Baugruppen zu Versuchszwecken wird nicht immer sofort der Aufwand entsprechender Gegenleisten lohnen, die man verdrahten müßte. Außerdem ist es auch erwünscht, im fertigen Gerät zu Prüf- und Reparaturzwecken an einzelnen Punkten des Leitungsmusters Messungen vor-

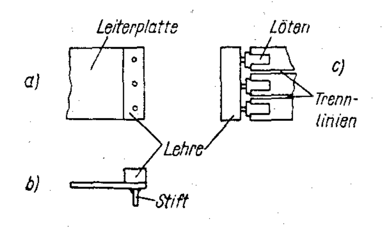


Bild 48
Einsatz einer Montagelehre:
a) als Bohrlehre;
b) zum Bestücken der Platte mit Stiften;
c) zum Bestücken der Gegenplatte mit Buchsen

nehmen zu können. Die zweidimensionale Ausdehnung des Musters erlaubt nicht das Anschließen von Krokodilklemmen, und vorübergehendes Anlöten ist wegen des Klebers unerwünscht. Prüfspitzen können Schutzlack oder sogar Folie zerstören. Setzt man nun je nach verfügbarem Raum bauelemente- oder leiterseitig die bereits als Stecker benutzten, angespitzten 1-mm-Drähte in die Platte ein, so hat man selbst in engen Aufbauten verwendbare Prüfpunkte. Als zuverlässige Anschlüsse von Prüfleitungen an diese Punkte haben sich die bereits an anderer Stelle [4], [10] beschriebenen Wendelbuchsen erwiesen. Sie werden aus 0,4-mm-Federbronzedraht über einer aufgebogenen Büroklammer von Hand oder in der Handbohrmaschine gewickelt und ergeben einen Innendurchmesser, der festen Sitz auf 1-mm-Drähten gewährt. Da sie mit etwas Abstand zwischen den Windungen gewickelt werden, schieben sich diese beim Stecken zusammen, öffnen sich etwas im Durchmesser und gleiten leicht über den Stecker. Beim ungewollten Lösen bildet der Effekt in umgekehrter Richtung eine wirksame Bremse. Gewolltes Lösen erfolgt leicht durch Zusammenschieben der Wendel von vorn mit den Fingernägeln oder mit einem geschlitzten Winkelblech oder auch durch impulsartiges Drehen in Öffnungsrichtung bei gleichzeitigem leichtem Ruck. Drehen in gleicher Richtung erleichtert übrigens auch das Stecken.

Die Wendel, deren Draht vor dem Wickeln mit Sandpapier gesäubert und leicht gefettet wird (Versilbern wäre günstiger), versieht man in folgender Weise mit einer Leitung, wenn nicht einfach ein Volldraht eingelötet wird: Das Drahtende eines Wendelrohlings wird mit der Flachzange leicht nach innen gedrückt, damit die scharfe Spitze später nicht den Isolierschlauch aufschlitzt. Zwei bis drei Gänge werden leicht verzinnt, desgleichen PVC-isolierte Litze geeigneten Innendurchmessers (am besten LiSy 18 · 0,1 oder

14 · 0,15), deren Isolation auf 1 bis 2 mm Länge entfernt wurde. Dieses Ende wird in die Wendel geschoben und mit möglichst wenig Zinn glatt verlötet. Etwa eine Sekunde danach faßt man den Schlauch der Litze einige Zentimeter hinter dem gelöteten Ende und schiebt ihn mühelos über die warme Lötstelle hinweg über die Wendel, die dadurch gänzlich umkleidet wird und doch völlig elastisch bleibt (Bild 49). Auf diese Weise lassen sich für alle Zwecke der Kleinbautechnik geeignete zuverlässige Schaltleitungen herstellen, die an jeden 1-mm-Stift angeschlossen werden können, also speziell für Prüf- und Einzelverbindungszwecke bei gedruckten Schaltungen geeignet sind.

Selbstverständlich lassen sich auch die genannten Röhrenfassungsfedern für Prüfleitungen an 1-mm-Stiften einsetzen. Für Strommessungen in der Schaltung können z. B. auch eine Brücke aus zwei dieser Federn, zwei Wendelbuchsen oder zwei Gabelfedern als Verbindung der auftrennbaren Meßstelle dienen (Bild 50).

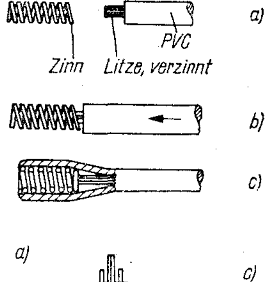


Bild 49
Wendelbuchse, Herstellung: a) verzinnen; b) einlöten; c) Schlauch vorschieben

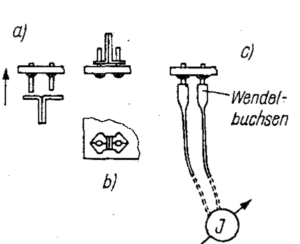


Bild 50
Lösbare Kurzschlußbrücken für Strommessungen: a) Brücke auf der Leiterseite; b) Brücke auf der Bauelementeseite; c) Anschluß der Meßleitungen bei entfernter Brücke; die Brücken bestehen aus zwei zusammengelöteten Röhrenfassungsfedern

Eine mögliche Veränderung der Gabelfeder in eine Rhombenfeder größeren Kontaktdruckes sei noch kurz angedeutet. Durch Verlängern des offenen Endes und Einführung in ein drittes, in der gleichen Linie wie Befestigungs- und Steckeraufnahmeloch liegendes Normloch in ebenfalls einer Rastereinheit Abstand entsteht ein Buchsenelement, das auch in Isolierplatten ohne Kupferfolie einfach durch Biegen befestigt werden kann. Diese Feder wurde bereits ebenfalls erfolgreich eingesetzt.

4. BAUGRUPPENTECHNIK

Die geschilderte Bauelementesituation zeigt, daß noch viel Arbeit zu leisten ist. Gerade hier aber kann der Amateur somit heute bereits den Schritt tun, der ihm den Anschluß an ein Konstruktionsprinzip sichert, dessen Anwendung ihm viele neue Möglichkeiten bietet, wie sie gerade die Kleinbautechnik in sich birgt. Transportable Sender und Empfänger, klein und doch übersichtlich durch leicht auswechselbare Baugruppen, die sich vereinheitlichen lassen, handliche netzunabhängige Servicegeräte — sie wurden erst möglich durch die „Ehe" zwischen Halbleitertechnik und gedruckter Schaltung; und sie herzustellen ist nun auch dem Amateur möglich.

Es folgt daher jetzt eine Reihe praktischer Beispiele, bei denen es weniger um Schaltungsdetails gehen soll als darum, Anregungen zu geben zum sinnvollen Einsatz der bisher vermittelten Kenntnisse. Dabei wird besonders von den bereits in Kapitel 3 angedeuteten Möglichkeiten des Steckens von Baugruppen Gebrauch gemacht, die beliebige Gerätekombinationen gestatten.

4.1 Zweidimensionales Verdrahten

Im ersten Teil dieser Broschüre wurde eine Rasterplatte beschrieben, die bei der Erprobung der zweckmäßigsten Bauelementeanordnung hilft. Diese Platte erinnert an eine Aufbautechnik, die eigentlich schon lange bekannt ist. Vor einigen Jahren, als Halbzeug für gedruckte Schaltungen noch eine Mangelware darstellte, wurden Labormuster in dieser Bauweise erprobt, bevor man sie tatsächlich „in Folie" ausführte. Selbstverständlich kann auch der Amateur diese Zwi-

schenlösung benutzen oder in Einzelfällen ganz mit ihr arbeiten. Wie sich auf diese Weise auf kleinstem Raum (30 · 55 mm^2 Grundfläche) und fast ohne Leitungskreuzung der gesamte Demodulator- und Verstärkerteil eines Diodenempfängers mit fünf Transistoren unterbringen läßt, zeigen die Bilder 51 und 52, während Bild 53 die Schaltung enthält. Von außen sind lediglich noch Schwingkreis mit Ferritstab (oder auch

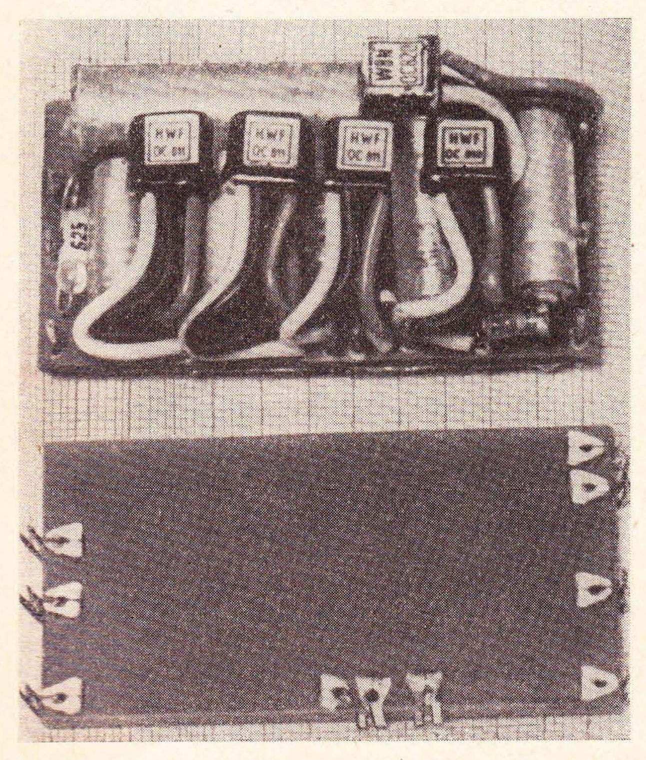


Bild 51 Steckbarer Empfängerbaustein in zweidimensionaler Verdrahtung, darunter der Kontaktträger



Bild 52 Zweidimensionale Verdrahtung nach Bild 51

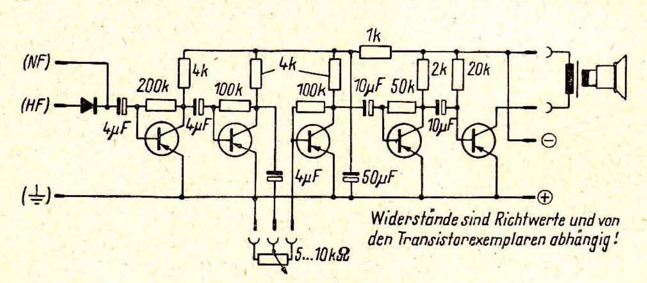


Bild 53 Stromlauf des Empfängers nach Bild 51

z. B. eine Audionstufe), Batterie, Lautsprecher mit Ausgangstrafo und Lautstärkeregler anzuschließen. Der große Aufwand an Transistoren war durch deren im speziellen Fall kleine Stromverstärkung bedingt und durch den Umstand, daß die Diode ihr Signal nur von einem kleinen Ferritstab bezieht. Dieses Beispiel beweist aber gerade, wie relativ unkompliziert dennoch die zweidimensionale Anordnung der Verdrahtung bleibt. Dazu wurden fast ausschließlich die in entsprechende Richtungen gebogenen Anschlüsse der Bau-

elemente benutzt, die man durch Bohrungen der 1,5 bis 2 mm dicken Hp-Platte steckt. Somit stellt diese Technik gleichzeitig eine gute Vorübung für den Umgang mit der gedruckten Schaltung dar, ohne daß dazu schon Halbzeug und geätztes Leitungsmuster vorliegen müssen. Von der auf der Verdrahtungsseite sichtbaren Leitungsanordnung ein Leitungsmuster zu zeichnen ist dann nicht mehr schwierig, wenn auf die Dauer die Lochplattenlösung nicht befriedigt. Ihr Hauptnachteil dürfte sein, daß beim Auswechseln eines Bauelements auch mindestens ein weiteres mit ausgelötet wird, bei den Elkofahnen des Beispiels bis zu drei.

Der mit 1-mm-Stiften ähnlich der in Bild 44 und 46 beschriebenen Weise steckbar ausgeführte Baustein läßt sich für viele Zwecke benutzen, in denen ein möglichst kleiner Verstärker gebraucht wird [5].

4.2 Beispiele im Trennlinienverfahren

Als Übergang auf das in Teil I beschriebene einfache Trennlinienverfahren ist in Bild 54 eine Leiterplatte für den gleichen Verstärker und mit den gleichen Maßen enthalten. Nach diesem für den Amateur sehr wirtschaftlichen Verfahren zur Gewinnung kopierfähiger Negative entstanden auch die in den folgenden

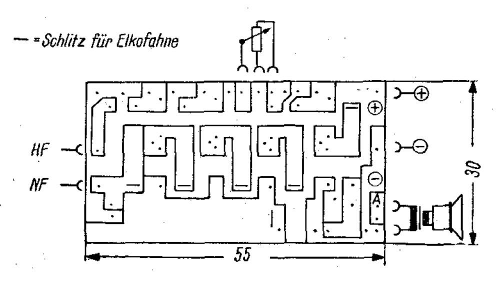


Bild 54 Leitungsmuster 30 · 55 mm² des Empfängers nach Bild 51

Bildern gezeigten Beispiele. Immer wieder wird dort von den in Kapitel 3 beschriebenen Steckverbindungen Gebrauch gemacht, so daß diese Baugruppen in beliebigen Kombinationen eingesetzt werden können. So enthält Bild 55 eine Gegentakt-Endstufe mit 1 · OC 812 und 2 · OC 816 oder 821, die in einen mit Gabel- oder Schabefedern versehenen Rahmen eines beliebigen Gerätes paßt [6]. Der Vollständigkeit halber ist in Bild 56a die Schaltung wiedergegeben. Die Leiterseite von Bild 55 kann abgezeichnet und hieraus ein Negativ gewonnen werden (Originalgröße 32 · 45 mm²). Der Bauelementeplan in Bild 56b erleichtert den Nachbau. Verwendet wurden Trafos M 20 mit der in Kapitel 2 beschriebenen Armierung. Bauelemente- und Wickeldaten findet man in [6].

Bild 57 zeigt einen ohne Lötkolben demontierbaren Stapelbau. Die mit verschiedenen Grundschaltungen bestückten, gleich großen Platten enthalten an ihren

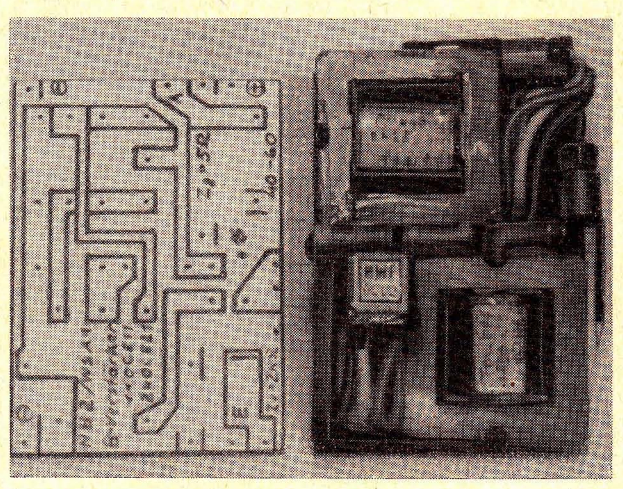
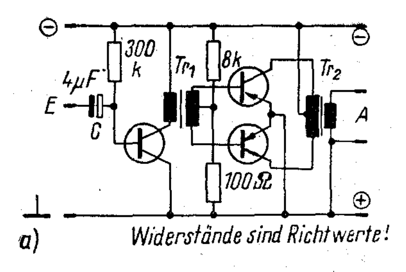
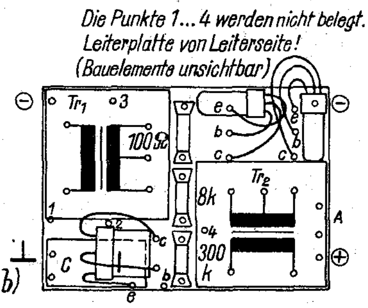


Bild 55 Gegentakt-Endstufe mit Treiber unter Verwendung armierter Trafos; Plattenmaße 32 · 45 mm

Bild 56
Endstufe nach Bild 55: a) Stromlauf; b) Bestückungsplan (von der Leiterseite gesehen, ausnahmsweise!)





Schmalseiten Gabelfedern. Zusammen mit Steckern entsprechender Länge aus 1-mm-Draht und in Verbindung mit Wendelbuchsen für die Außenanschlüsse liegt hier also die Grundkonzeption vor für ein System, mit dessen Hilfe besonders in Einsatzfällen ohne Netzanschlußmöglichkeit das jeweils benötigte Gerät ohne Löten zusammengesetzt werden kann. Bild 58 deutet an, wie klein sich solche Bausteine noch aufgliedern lassen. Eine ähnliche Konzeption ist mit derartig einfachen Mitteln und in dieser Kleinheit in klassischer Technik gar nicht vorstellbar. Als mechanische Sicherung der durch die Gabelfedern natürlich vertikal noch beweglichen Baugruppen haben sich kurze Stücken Wendelbuchse bewährt, die „schraubend" auf die Enden der die Baugruppen elektrisch und mechanisch verbindenden, lösbaren Steigdrähte geschoben werden und ebenfalls wieder leicht lösbar sind.

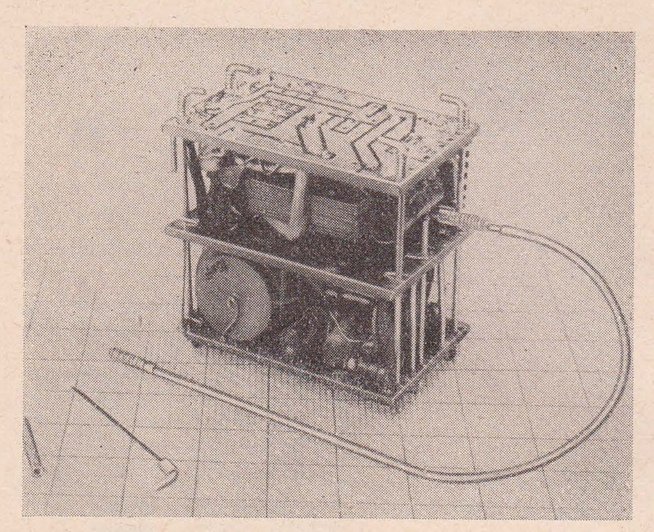


Bild 57 Stapelbau aus den Baugruppen HF- und NF-Generator

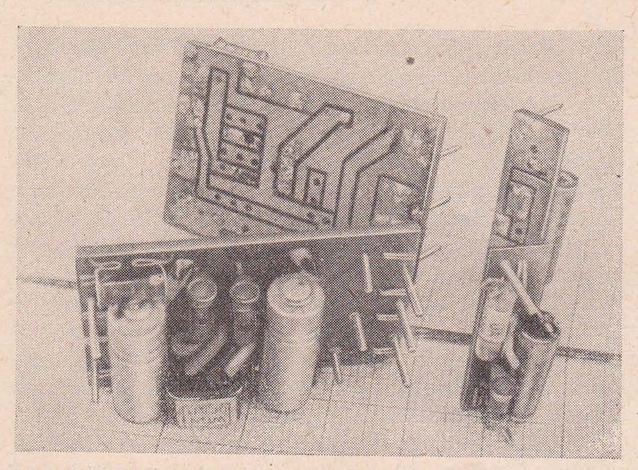


Bild 58 Verstärkerplatte mit aufsteckbarem Zusatz (im Bild Demodulator)

4.3 Mehrzweck- und Mehrfachmuster

Das hier nur kurz geschilderte Baukastensystem enthält im vorliegenden Fall noch eine weitere Besonderheit. Wie sich Bild 59 entnehmen läßt, sind die dort als Spiegelaufnahmen erkennbaren fünf schaltungstechnisch verschiedenen und jeweils auch allein funktionsfähigen gleich großen Bausteine alle auf dem gleichen Leitungsmuster, wie es im Vordergrund nochmals sichtbar ist, aufgebaut. Das hat vor allem für den Amateur den Vorteil, daß der durch das Trennlinienverfahren bereits recht klein gewordene Zeichnungsaufwand noch weiter verringert wird. Voraussetzung ist selbstverständlich eine gewisse Vorarbeit in schaltungstechnischer Hinsicht, die alle geplanten Schaltungen im Aufbau aufeinander abstimmt. Für den jeweiligen Spezialfall sind dann nur die gerade benötigten und als „Körnerpunkte“ angedeuteten Löcher zu bohren. Andererseits kann ein solches Mehrzweckmuster (wie jedes andere auch), wenn es mehrmals

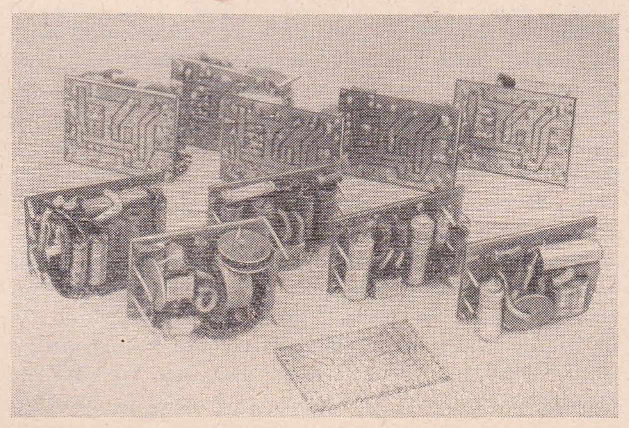


Bild 59 Fünf verschiedene Bausteine auf dem gleichen Leitungsmuster (Mehrzweckmuster)

nebeneinander auf einem Transparent- oder Folienblatt gezeichnet wird, der Größe des vorhandenen Halbzeugs sowie der benötigten Anzahl von Leiterplatten angepaßt werden. Damit erhält man in einem einzigen Arbeitsgang des fotomechanischen Verfahrens eine Menge von Leiterplatten, die nur durch die Aufnahmefähigkeit der vorhandenen Einrichtungen begrenzt wird. Verfügt der zentrale Radioklub über eine Kreissäge, so kann der Abstand der Einzelnegative gleich der Sägeblattbreite gewählt werden, wodurch sehr günstige Materialverbrauchs- und Zeitwerte erreichbar sind.

4.4 Ein Modulsystem in Ätztechnik

Das in den Abschnitten 4.2 und 4.3 wiedergegebene Baukastensystem mit zusammensteckbaren Baugruppen bildet nur eine der zahlreichen Möglichkeiten der Baugruppentechnik mit gedruckten Schaltungen. Nicht für jeden Zweck lohnt sich der Aufwand der doch relativ großen Zahl von Steckverbindungen. Die gezeigten Muster kennzeichnen außerdem den Stand der Bauelementesituation etwa der Jahre 1959 bis 1961. Inzwischen wurde eine weitere Verkleinerung besonders der Elektrolytkondensatoren möglich, wovon bereits ein Blick in die neueren Taschenempfänger überzeugt. Wohltuend wirkte sich auch die Standardisierung der brauchbarsten Bauformen aus. Unter Verwendung von Elektrolytkondensatoren nach TGL lassen sich daher noch kleinere Baugruppen zusammenstellen als die bereits gezeigten. Außerdem ist der Umstand sehr günstig, daß alle diese Typen jetzt beidseitig mit Drahtanschlüssen geliefert werden, die sich sogar in 1-mm-Löcher einführen lassen. Bei den Transistoren andererseits ist der Übergang zur runden Bauform nach IEC (= International Electrical Commission) noch nicht völlig abgeschlossen. Besonders für den Amateur

werden noch längere Zeit die recht billigen flachen 25- bis 100-mW-Transistoren greifbar sein, die keine bestimmte Typenbezeichnung tragen. Hier bietet sich über die zentralen Radioklubs die Möglichkeit eines Sammelbezugs mit anschließender Sortierung nach den verschiedenen Einsatzfällen. Es hat sich nämlich bei Untersuchungen an einer größeren Anzahl dieser Transistoren gezeigt, daß ein großer Prozentsatz von ihnen relativ hohe Stromverstärkungswerte aufweist. Doch auch mit den neuen Bauformen sind recht kleine Baugruppen realisierbar, besonders beim Einsatz der HF-Typen OC 870 bis 872.

Im ersten Teil dieser Broschüre wurde im Zusammenhang mit der keramischen Technik von Modulsystemen berichtet, bei denen Elementarschaltungen gleicher Grundfläche übereinandergestapelt und durch in Kerben eingelötete Steigdrähte elektrisch und mechanisch miteinander verbunden wurden. Diese Baugruppen erhielten anschließend meist einen Gießharzüberzug, so daß Reparaturen ausgeschlossen sind. Das in den Abschnitten 4.2 und 4.3 geschilderte System arbeitet mit Baugruppen, die ohne Werkzeug lösbar, also immer wieder verwendbar sind. Im folgenden wird ein Mittelweg zwischen beiden Richtungen eingeschlagen.

Die jetzt verfügbaren Bauelemente geringer Dimensionen erlauben es, sich der Kleinheit keramischer Modulsysteme mit Spezialbauelementen zu nähern. Ein zweckgerechter Einsatz geätzter Leiterplatten mit Bauelementen kleinerer Masse macht die Montage mit gelöteten Steigdrähten möglich. Deren günstige Verteilung über den Plattenumfang erlaubt schließlich das Auswechseln einzelner Elementarschaltungen des Stapels. Eine Variante dieses Systems bietet sogar an, eine solche Elementarschaltung einzeln als neues Bauelement aufzufassen und als solches recht günstig in beliebigen Schaltungen einzusetzen, ohne daß die Schaltung an einen Stapel und damit das Gerät an eine

bestimmte geometrische Form gebunden ist. Die Leiterplattendimension für eine möglichst umfangreiche Zahl verschiedener Elementarschaltungen wird durch die größten Abmessungen der verwendeten Bauelemente bestimmt. Aus Gründen der Handlichkeit soll die Höhe der Schaltung über der Leiterplatte im allgemeinen kleiner bleiben als ihre Ausdehnung in der Fläche. Weiter wird zugelassen, daß Bauelementeanschlüsse nicht nur durch Bohrungen in der Leiterplatte, sondern auch durch Kerben am Rand geführt werden. Die leichte Lösbarkeit des Stapels durch Öffnen der verbindenden Lötstellen zwischen den Elementarschaltungen bedingt, daß die Steigdrähte nicht durch Bohrungen geführt, sondern ebenfalls nur in Kerben eingelegt werden. Diese Kerben lassen sich, technologisch gesehen, hauptsächlich auf drei Arten erzeugen:

a) mit der Feile. Es entstehen dreieckige Einschnitte. Der Draht findet auf dem Hartpapier eine Dreipunktauflage vor;

b) durch Bohrungen, die vor dem Beschneiden der Platte auf der Randlinie angebracht werden, so daß die fertige Platte halbkreisförmige Einschnitte enthält. Der Draht liegt hier auf einer mehr oder weniger großen Fläche auf, je nach Bohrungsdurchmesser. Dieser sollte aber möglichst dem der übrigen Löcher in der Platte entsprechen;

c) durch Sägen von Einschnitten, in denen der verwendete Steigdraht mit möglichst wenig Spiel Platz findet. In diesem Falle ergeben sich eine klemmende Zwei- bis Dreipunktberührung und die beste Halterung.

Der Durchmesser der Drähte sollte zwar aus Stabilitätsgründen nicht zu klein sein, aus löttechnischen Gründen aber liegt bei etwa 0,6 mm die obere Grenze bei einer Lötstellenentfernung von $\geqq$ 6 mm und genügend schneller Lötung (das ist der unsicherste Fak-

tor bezüglich des Weichwerdens von Nachbarlötstellen). Die Kantenlötaugen auf der Leiterplatte sollen die Kerben bis zum Plattenrand umschließen, und es empfiehlt sich, sie vor dem Zusammenbau zu verzinnen.

Verbietet die Masse des Stapels die ausschließliche mechanische Sicherung durch Lötstellen, so sollte man möglichst an drei weit entfernten Kantenpunkten jeder Platte eine 1,1-mm-Bohrung anbringen und bei der Montage durch diese ein „Gerüst" aus drei 1-mm-Drähten führen. Die Plattenabstände können durch steife Rüschdrähte fixiert werden. Bei Demontage sind diese an den Enden wieder mit Wendelbuchsenstücken zu sichernden Drähte leicht zu entfernen.

Für den Entwurf der Leitungsmuster der zu Stapeln zusammenfaßbaren Baugruppen ist Ausgangspunkt die Lage der Außenanschlüsse. Der bei Transistorschaltungen im allgemeinen als „Masse" benutzte positive Batterieanschluß soll stets an der gleichen Stelle liegen und möglichst an zwei Punkten lötbar sein. Damit erhält man bereits eine recht gute Stabilität kleinerer Stapel.

Den negativen Anschluß kann man ebenfalls durchführen, wenn die besonders zu siebenden Elementarschaltungen an dieser Stelle eine Blindlötstelle enthalten. Meist werden diese drei Stränge, wenn an verschiedenen Kanten angebracht, bereits genügenden mechanischen Halt liefern. Nicht zu empfehlen ist der Versuch, durch Drehung der Platte um irgendeine Achse stets Ein- und Ausgang zur Deckung zu bringen. Dadurch wird immer bei den übrigen Anschlüssen ein größerer Aufwand nötig, der die Freizügigkeit des Leitungsmusters stark einschränkt. Besser ist es, Ein- und Ausgang nur an der gleichen Kante münden zu lassen und die einzelnen Platten durch Z-Stücke zu verbinden (Bild 60). Dichtestmögliche Packung erreicht

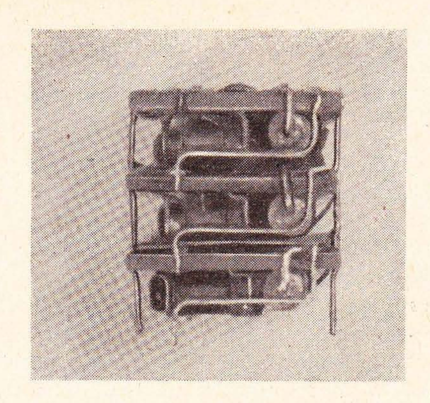


Bild 60
Modulgruppe in Ätztechnik mit gelöteten Steigdrähten; die Verbindung von Aus- zu Eingang stellt jeweils ein Z-förmig gebogener Draht her

man durch zwischengelegte Isolierfolien, Abschirmung, wenn notwendig, mit ebenfalls isolierten Metallfolien, die nur einen herausgeführten Masseanschluß erhalten. Diese Maßnahme ist aber selten nötig, hauptsächlich bei höheren Eingangsimpedanzen der betreffenden Stufen.

Die Montage einer keramischen Modulgruppe geht so vor sich, daß zunächst der Stapel geordnet wird und dann die Steigdrähte „in einem Zuge" eingelötet werden. Beim Stapel in Ätztechnik ist ein anderer Weg günstiger. Sämtliche Steigdrähte werden zunächst in eine Montagelehre gesteckt, die z. B. aus einer mit Bohrungen versehenen Halbzeugplatte besteht. Man kann sie dort sogar anlöten. In den so entstandenen Käfig legt man, mit der Folienseite nach oben, die erste Schaltung. Dadurch lassen sich gute Lötstellen erzielen. Nun folgt die nächste Platte usw. (Bild 61). Die über den Stapel hinausragenden Drahtenden bilden dessen Anschlüsse beim Einsatz in eine größere Leiterplatte oder bei Einzelverdrahtung.

Steckbare Stapel erhält man mit einer Abschlußplatte, die Steckkontakte enthält. Ordnet man diese entsprechend dem Anschlußschema von Miniaturröhren an,

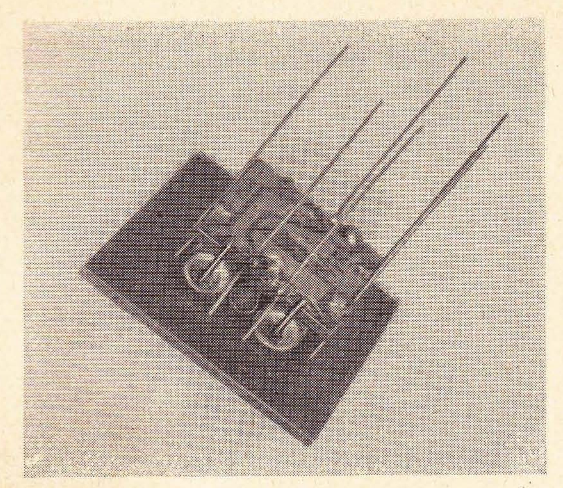


Bild 61 Montagehilfe für Modulgruppen

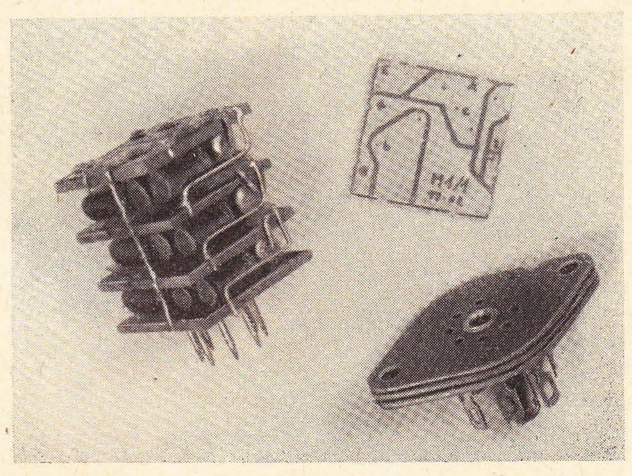


Bild 62 Für siebenpolige Miniaturröhrenfassung adaptierter dreistufiger NF-Verstärker

so können solche Baugruppen als Teil größerer Geräte wie früher Röhren steckbar eingefügt werden (Bild 62).

Sollen die Einzelplatten eines Moduls durch Entfernen der Steigdrähte und erneutes Einlöten öfter zu Experimentierzwecken gelöst werden, so ist eine nur zwischen Draht und Folie erzeugte Lötstelle nicht zu empfehlen. Mit etwas mehr Flächenbedarf am Anschluß ergeben sich aber sehr günstige Verhältnisse. Man behält dazu den Kerb zwar bei, doch es wird ihm noch eine 1-mm-Bohrung in der Entfernung eines Rastersprungs zugeordnet. Ein gut verzinnter 0,4-mm-Draht läßt sich dann zweimal durch dieses Loch führen, festziehen, anlöten und abschneiden. Man erreicht die gleiche Wirkung wie bei den verzinnten Kerben keramischer Platten (Bild 63). Der Stapel kann in diesem Falle auch ebenso montiert werden wie ein in keramischer Technik hergestellter.

Aus der zuletzt geschilderten Maßnahme läßt sich eine Variante der vorliegenden Konzeption ableiten. Sie geht davon aus, daß in Zukunft immer mehr die Elementarschaltung das einzelne Bauelement verdrängt. Auch für Geräte, die nicht in Stapeltechnik hergestellt werden, sind daher solche Einzelschaltungen tragenden Leiterplatten interessant. Auf die Kante gestellt kann man sie bei entsprechender Anordnung der Anschlüsse steck- oder lötbar sehr raumgünstig einsetzen. Die eben beschriebenen Elementarschaltungen werden dazu bei

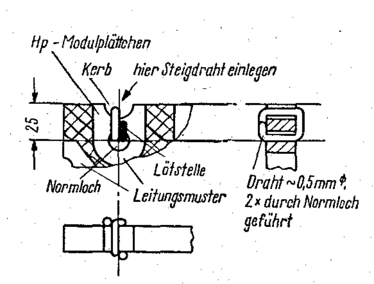


Bild 63
Verbesserung der Kantenlötung durch Verstärkung des Kerbes mit Draht

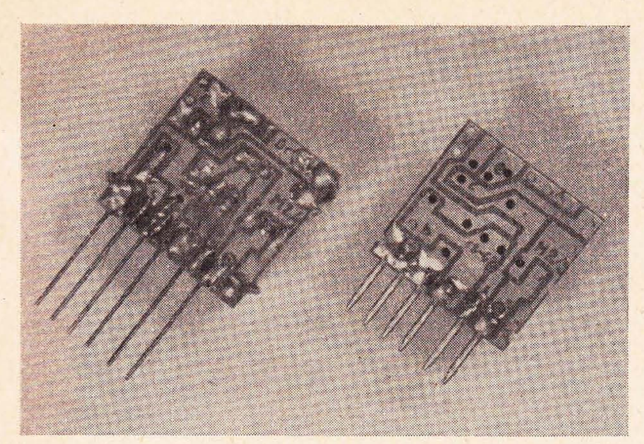


Bild 64 Baugruppe mit einseitigem Kantenanschluß zum Einlöten in größere Leiterplatte (Behandlung wie Bauelement), daneben eine ähnliche, aber mit Steckern

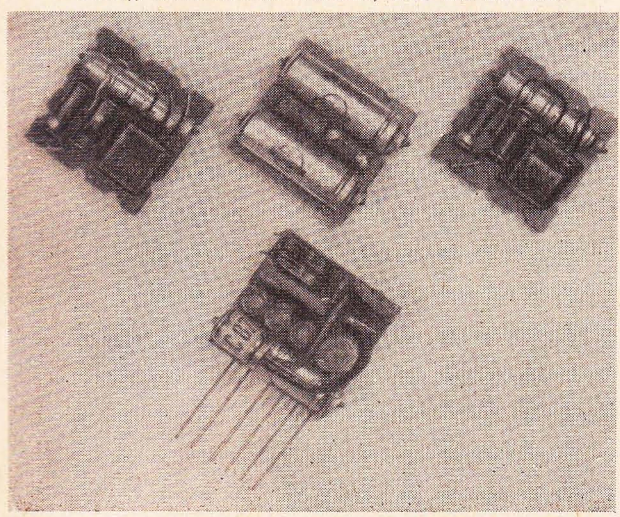


Bild 65 Drei Modulbaugruppen für Stapelbautechnik (zwei einstufige NF-Verstärker und ein Siebglied) sowie eine Baugruppe in der lötbaren Ausführung mit einseitigem Kantenanschluß (Audionstufe, s. Bild 73 und 74)

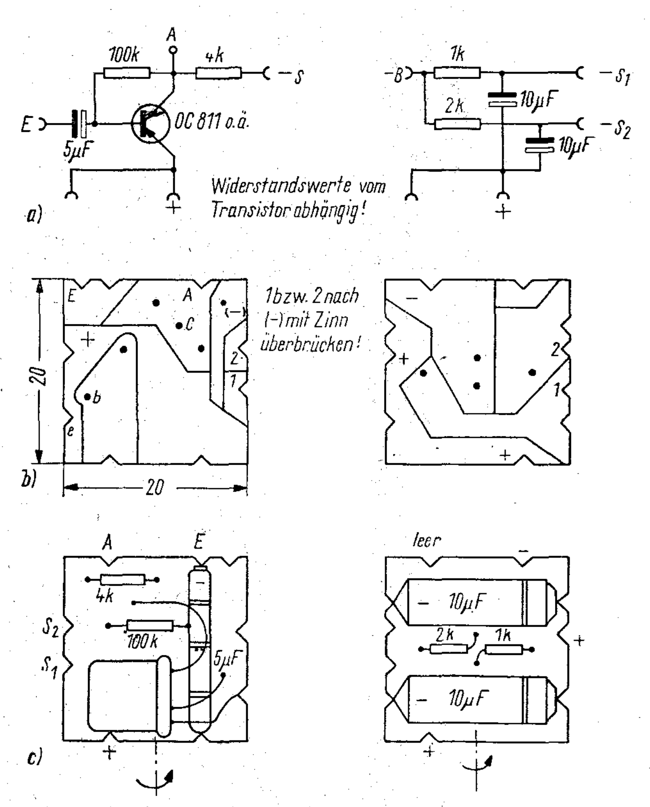


Bild 66 Stromlauf, Leitungsmuster und Bestückungsplan (von der Bauelementeseite aus gesehen!) der oberen drei Baugruppen nach Bild 65

entsprechendem Leitungsmuster nur an einer Kante mit Anschlüssen versehen. Das geschieht ähnlich wie in Bild 63 gezeigt, jedoch mit längeren Drähten (Bild 64). Wo eine zusätzliche mechanische Sicherung beim Einlöten erforderlich scheint, genügt ein „Ausleger“ aus 1-mm-Draht, der in ein 1-mm-Kantenloch fest eingepaßt und nach Abwinkeln mit in der Hauptleiterplatte angelötet wird. Eine Auswahl von Elementarschaltungen beider Varianten der Größe 20 · 20 mm² faßt Bild 65 zusammen. Bild 66 enthält die Schaltungen, die Leitungsmuster und die Bestückungspläne der Baugruppen. Verwendet wurden Elkos nach TGL.

In der geschilderten Richtung wird noch einiges Interessante zu erwarten sein.

5. RÖHRE UND GEDRUCKTE SCHALTUNG

Alle bisherigen Beispiele enthalten Halbleiter. Gerade der Funkamateur aber wird auch in Zukunft noch sehr oft die bewährte Elektronenröhre einsetzen, sei es aus Frequenz-, Leistungs- oder manchmal auch Preisgründen. Die Anpassung der verschiedensten Bauelemente an die Gegebenheiten der Leiterplatte wurde an dieser Stelle behandelt, und in den meisten Fällen bot sie keine unüberwindlichen Schwierigkeiten. Der Einsatz von Elektronenröhren aber wirft neue Probleme auf. Hier soll von vornherein eine Beschränkung auf sieben- und neunpolige Miniaturröhren erfolgen. Der VEB Elrado (Dorfhain) stellt zwar Fassungen für gedruckte Schaltungen her, doch sind diese dem Amateur bisher noch kaum zugänglich. Eine Möglichkeit zum Umgehen dieses Engpasses stellt die in Kapitel 3 beschriebene Gabelfeder dar. Dazu muß die Leiterplatte den Röhrenstiften entsprechende Aufnahmebohrungen erhalten, die allerdings nicht im Raster liegen. Auf diese zu laufen dann die entsprechenden Leiter der Schaltung und enden an oder vor den Löchern. Sie erhalten ebenfalls Bohrungen, die nun aber wieder im Raster liegen können. In diese werden dann die sieben bzw. neun Gabelfedern gesteckt und angelötet. Es ist zweckmäßig, vorher von der anderen Seite eine Röhre in die für sie vorgesehenen Bohrungen zu stecken und

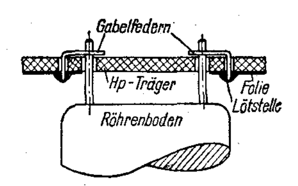


Bild 67
Röhrenfassung aus Gabelfedern

auf die durchragenden Stifte die Gabelfedern zu reihen, so daß sie beim Löten bereits die richtige Lage einnehmen (Bild 67). Der Innenraum zwischen den Stiften sollte, wenn das die Leitungsführung erlaubt, als Massefläche ausgebildet werden.

Je nach Auslegung des Leitungsmusters kann bei dieser Art Fassung die Röhre sowohl von der Bauelemente- als auch von der Leiterseite aus gesteckt werden. Es empfiehlt sich, die der Leitungsführung jeweils entsprechende Seite für das Einstecken der Röhre zu kennzeichnen. Aus thermischen Gründen kann besonders bei Endstufenröhren ein größerer Abstand des Röhrenbodens von der Leiterplatte zweckmäßig sein. Hierfür eignet sich z. B. die Hp-Deckplatte einer üblichen Röhrenfassung. Sie kann sogar vorher bereits als Bohrlehre für die die Röhrenstifte aufnehmenden Löcher in der Leiterplatte dienen.

Die Anordnung der Röhre auf der Leiterseite hat zwar den Vorteil, daß die Bauelemente vor der Wärmestrahlung der Röhre geschützt sind und daß bei Reparaturen zunächst sowohl auf dem gut zugänglichen Leitungsmuster gemessen, als auch der Fehler durch Röhrenwechsel bereits oft lokalisiert werden kann. Dafür ist mit dieser Bauweise, die man oft in Fernsehempfängern findet, ein größeres Volumen verbunden. Überhaupt stellt die Anordnung senkrecht zur Leiterplatte nur selten eine günstige Lösung dar, z. B. wenn auch der größte Teil der übrigen Bauelemente in die Höhe der Röhre reicht (Bandfilter, Elkos). Dort, wo wärmetechnisch keine Bedenken bestehen bzw. sich durch geeignete Maßnahmen zerstreuen lassen, empfiehlt sich eine Anordnung der Röhre parallel zur Leiterplatte. Hierfür geeignete Fassungen sind noch schwieriger zu beschaffen. Daher wendet man oft den „Trick“ an, die normale Senkrechtfassung (oder eine andere geeignete) zu benutzen und diese sowie ggf. einen Teil der übrigen Schaltung auf einem Leiterplat-

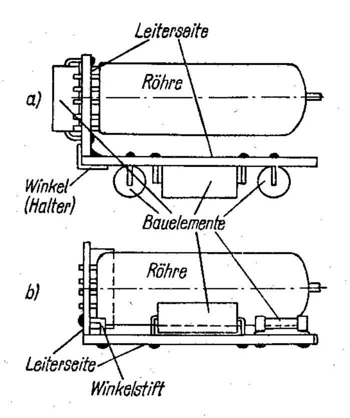


Bild 68
Anordnung einer Röhre parallel zur Leiterplatte: a) auf der Leiterseite; b) auf der Bauelementeseite

tenstreifen etwa von der Breite des Röhrendurchmessers unterzubringen. Mit wenigen einfachen mechanischen Hilfsmitteln, z. B. durch Winkel oder eingelöteten, gewinkelten Draht, manchmal auch durch Stecken, kann diese Baugruppe dann mit der Hauptleiterplatte verbunden werden. Hin und wieder wendet man bei der elektrischen Verbindung auch Kantenlötung an. Als mechanischer Halt ist dies selbstverständlich nicht ausreichend. In Bild 68 sind solche raumsparenden Anordnungen skizziert. In diesen Beispielen wurde die Gabelfederfassung verwendet, deren Herstellung bereits weiter oben beschrieben ist. Andere Fassungen erhöhen lediglich den Raumbedarf.

Das Einsetzen von neun Gabelfedern ist nicht nach jedermanns Geschmack. Daher sollen noch einige Beispiele für den Einsatz der normalen handelsüblichen Miniaturröhrenfassung folgen. Zunächst wird der Mittelstutzen so weit gekürzt, wie es für den Einzelfall zweckmäßig ist. Auch die Ansätze für das Einschrauben oder Nieten verbrauchen nur unnötig Platz und können entfernt werden. Nun gibt es mehrere Einbaumöglichkeiten.

Die Leiterplatte kann z. B. eine den Mittelstutzen aufnehmende Bohrung mit Erdfläche erhalten. Mit einer Schere werden die Lötösen der Anschlüsse geeignet gekürzt und beschnitten, so daß sie in entsprechende Bohrungen der Leiterplatte passen und mit dem Leitungsmuster verlötet werden können. Wird die Röhre auf der Leiterseite angebracht, so genügt Umbiegen der Lötanschlüsse, die federnd auf der Folie aufliegen sollen. Für den Mittelstutzen ist wieder eine Bohrung nötig. Er sollte bauelementeseitig ein Querloch erhalten, durch das ein Blechkeil gesteckt werden kann, der einmal die Fassung mit den Lötfahnen auf die Leiterzüge zieht, zum zweiten aber mit einem von der Leiterseite kommenden Draht den Stutzen auf Massepotential legt.

Ebensogut könnte die Leiterplatte einen größeren kreisförmigen Durchbruch erhalten, durch den man von der Bauelementeseite aus die Fassung steckt. Ihre umgebogenen Anschlüsse werden mit der Folie, mechanisch entlastet bzw. wieder in Folienrichtung federnd vorgespannt, verlötet. Die mechanische Entlastung in Lösungsrichtung der Folie wird beim Stecken durch die Isolierstoffplatte der Fassung bewirkt, die also auf der Bauelementeseite aufliegen muß.

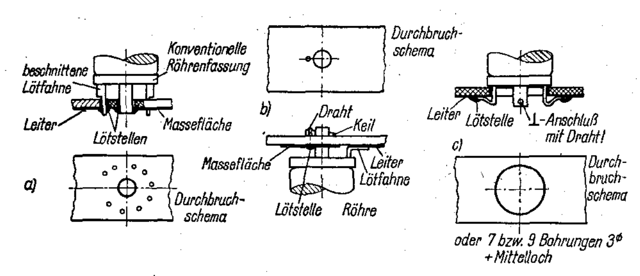


Bild 69 Einsatzmöglichkeiten konventioneller Röhrenfassungen in der Leiterplatte: a) bauelementeseitig; b) leiterseitig; c) mit großem Durchbruch

Die hier nur kurz angedeuteten Möglichkeiten, die sich noch variieren lassen, sind in Bild 69 zusammengefaßt. In allen Fällen muß die Röhrenfassung unbedingt mit einer eingesteckten defekten Röhre eingelötet werden, deren Stifte einwandfrei gerade sind. Noch besser wäre ein Phantom.

6. REPARATUREN AN GEDRUCKTEN SCHALTUNGEN

Der Reparaturfall ist beim Amateur bereits dann gegeben, wenn an einer fertig bestückten Leiterplatte zu Versuchszwecken ein Bauelement ausgewechselt werden soll. Allgemeiner könnte dieses Kapitel also auch den Titel „Das Arbeiten an der fertigen gedruckten Schaltung“ tragen. Die Reparatur gedruckter Schaltungen gilt als schwierig. Dabei ist einmal die Gefahr gemeint, daß sich die Folie bei öfterem Löten und unsachgemäßer Handhabung (lange Lötzeit, zu warmer Kolben und damit Zerstörung des Klebers, Blasenbildung, mechanische Belastung der Folie während des Lötvorganges usw.) vom Träger löst. Zweitens bringt das Lösen eines Bauelements aus der Leiterplatte Schwierigkeiten durch die Art seiner Befestigung oder die Zahl seiner Anschlüsse. Umgebogene Anschlüsse sind besonders unangenehm, und ein Bauelement mit mehr als zwei Lötstellen kann oft nur schrittweise entfernt werden. In umgekehrter Reihenfolge ergeben sich einige der genannten Probleme (besonders thermischer Art) beim Einsetzen des neuen Bauelements.

6.1 Löten

Beim Löten an einer fertigen gedruckten Schaltung gilt ebenfalls der Grundsatz, daß eine saubere Fläche die geringste Gefahr für die Folie darstellt. Bei Leiterplatten, die bereits längere Zeit in Betrieb waren und keinen oder schlecht deckenden Schutzüberzug haben, sind die Kupferflächen braun oxydiert, die Lötstellen zeigen eine mattgraue Oberfläche. Die geringe Mühe, mit dem Glaspinsel die zu lötende Stelle zu säubern,

und ein Tropfen Kolophoniumlösung sind die erste Voraussetzung für eine einwandfreie Lötung. Mit dem gleichen Kolben, wie er in Kapitel 1 beschrieben wurde, lötet man auch bei der Instandsetzung. Zunächst muß möglichst viel Zinn in möglichst kurzer Zeit von der Lötstelle entfernt werden. Der Lötkolben ist dazu kurz in das Flußmittel einzutauchen und abzuschütteln oder an einem Tuch abzustreifen. Mit der Folienseite nach unten nimmt man mit ihm das überschüssige Zinn auf. Unter Ausnutzung der Schwerkraft zieht man das Zinn schnell ab (Bild 70) und säubert den Kolben nochmals. Jetzt wird oft erst erkennbar, ob der Anschluß umgebogen ist. Bei geradem Anschluß genügt nochmaliges kurzes Erweichen der Lötstelle unter gleichzeitigem Herausziehen des Bauelements auf dieser Seite. In den meisten Fällen reicht die Zinnrestmenge nicht mehr aus, das Loch zu verstopfen. Daher bereitet später das Einsetzen des neuen Bauelements keine Schwierigkeiten. Verstopfte Löcher dagegen sind oft so tief mit Zinn gefüllt, das vom Anschluß beim Herausziehen in das Loch geführt wurde, daß es mit keiner vertretbar kurzen Lötzeit mehr entfernt werden kann. Am sichersten öffnet man den Durchbruch

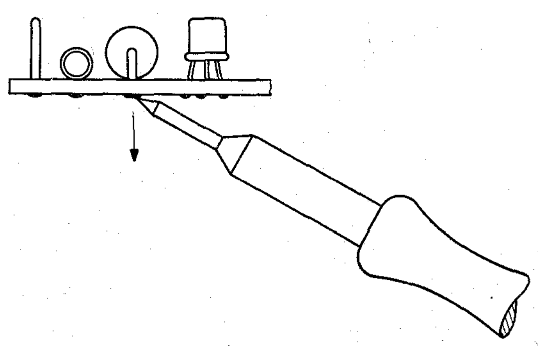


Bild 70 „Abziehen" des Zinns von den Lötstellen des auszuwechselnden Bauelements

in solchen Fällen mit der Handbohrmaschine. Das ist aber nur nötig, wenn im ersten Arbeitsgang das Zinn nicht richtig entfernt wurde.

6.2 Umgebogene Anschlüsse

Ist der Anschluß umgebogen, so wird die Demontage schwieriger. Man muß dann versuchen, mit einem geeigneten Gegenstand (Messerklinge) schnell in die kurz erweichte Lötstelle unter den Draht zu fahren und diesen hochzubiegen. Im nächsten Arbeitsgang wird nochmals kurz erwärmt und das Bauelement herausgezogen. Dünne Anschlüsse kann man auch ohne Hochbiegen herausziehen. Das trifft z. B. für Transistoranschlüsse zu. Vor jeder neuen Einwirkung des Lötkolbens auf die Leiterplatte ist dieser in Flußmittel zu tauchen und von überschüssigem Zinn zu befreien, da sonst immer eine Wirkung zustande kommt, die der gewünschten genau entgegengesetzt ist.

Läßt sich ein umgebogener Anschluß im ersten oder zweiten Anlauf nicht lösen, so verzichte man auf weitere Versuche und gehe in einer der unter 6.4 geschilderten Arten vor.

6.3 Bauelemente mit mehr als zwei Anschlüssen

Filter, armierte Transformatoren, Potentiometer, Röhrenfassungen u. ä. haben mehrere Anschlüsse, ebenso die in Kapitel 4 beschriebenen eingelöteten Baugruppen. Alle Lötstellen gleichzeitig zu erweichen erfordert Spezialeinrichtungen, die die Mittel des Amateurs übersteigen. Oft läßt sich aber mit der Methode des Ankantens etwas erreichen. Dazu wird ein Schraubenzieher in der Nähe des ersten zu öffnenden Anschlusses unter die Kante des Bauelements geschoben. Mit ihm hebt man, sobald das Zinn flüssig ist, das Bau-

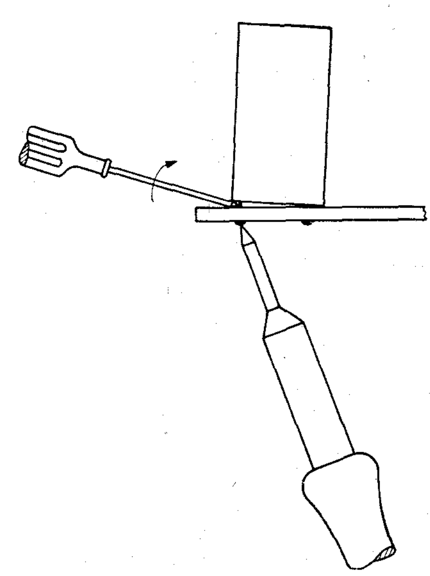


Bild 71 Demontage eines Bauelements mit mehreren Anschlüssen

element einseitig möglichst weit an. Dies wird ringsum mit jeder Lötstelle wiederholt (Bild 71). Meist läßt sich das Bauelement bereits in der „zweiten Runde“ unbeschädigt entfernen. Es ist also günstig (und wegen der besseren Standeigenschaften auch durchaus möglich), die Anschlüsse solcher Bauelemente schon bei der Montage möglichst kurz über der Folie abzuschneiden und auf Abbiegen zu verzichten.

In manchen Fällen sind die einzelnen Anschlüsse auch auf der Bauelementeseite noch für eine Justierzange oder eine Pinzette zugänglich und so abzubiegen, daß sie auf diese Weise leicht aus der Bohrung gezogen werden können, wenn die Lötstelle erweicht wird. Das trifft z. B. zu für die in Abschnitt 2.32 gezeigte Spule nach Bild 23 und 24.

6.4 Entfernen defekter Bauelemente

Ist das zu entfernende Bauelement mit Sicherheit defekt, so ist Rücksichtnahme darauf unnötig. Es wird dann, wenn möglich, von der Bauelementeseite aus abgeschnitten. Bei unzugänglichen Anschlüssen kann sogar eine völlige mechanische Zerstörung des Bauelements notwendig sein. Mancherorts wird empfohlen, dann die Anschlüsse recht lang stehenzulassen und an ihnen das neue Bauelement zu befestigen. Dabei sollen dessen Anschlußdrähte noch zu Ösen gebogen werden. Bild 72 illustriert diese Empfehlung. Sie erscheint aber etwas umständlich. Unter Beachtung der in 6.1 gegebenen Hinweise sollte man besser die Stummel

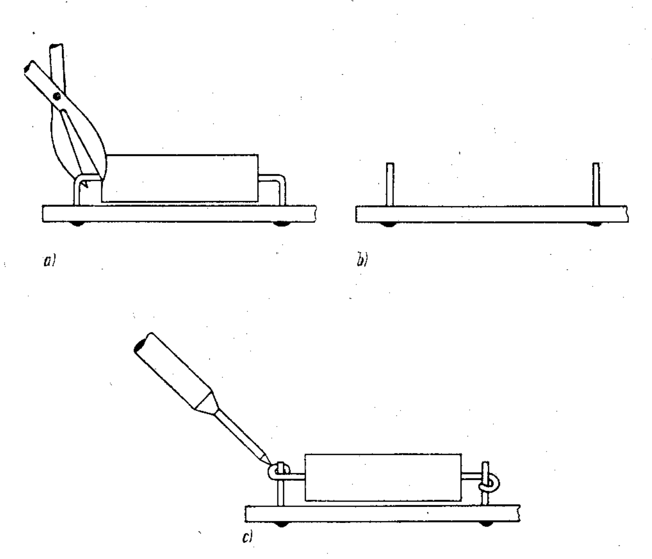


Bild 72 Manchmal übliche Reparaturart bei garantiert defektem Bauelement: a) Draht dicht am Körper abschneiden; b) Enden hochbiegen und säubern; c) neues Bauelement mit ösenförmig gebogenen Anschlüssen einsetzen und löten

entfernen, indem man sie einfach einzeln nach unten herauslötet (Handhabung wie beim Entfernen des Zinnes nach Bild 70). Das neue Bauelement kann dann im Unterschied zur Empfehlung von Bild 72 genau wie das Original eingebaut werden.

6.5 Spezielle Fehler an Leiterplatten

Besonders am Taschenempfänger „Sternchen“ wurde mehrfach ein Fehler festgestellt, der sich in aussetzendem Betrieb vor allem bei Betätigung des Lautstärkereglers bemerkbar machte, ohne daß dieser defekt war. Ursache bildeten Haarrisse in den recht schmalen Leitern, so daß es sich auch von dieser Seite her empfiehlt, keinen Leiter schmaler als unbedingt nötig zu machen. Das gilt besonders für größere Platten; und bezüglich der Halbzeugdicke im „Sternchen“ (1 mm) sowie wegen ihrer Durchbrüche ist diese Leiterplatte in der mechanischen Auswirkung des Begriffes als „groß“ zu bezeichnen. Es kann aus verschiedenen Ursachen zu solchen Haarrissen kommen. Vielleicht hatte man vor der Montage eine Durchwölbung der Platte durch Zurückbiegen bekämpft, oder der Einbau selbst war schuld (Spannungen im Hp beim Festschrauben z. B.), jedenfalls bildeten sich auf einzelnen Leitern Falten. Fehler im Kleber unterstützen solche Vorgänge. Irgendwann entstand ein Riß. Die überlappten Enden gaben aber noch zeitweise Kontakt. Beim Betätigen des Reglers veränderte sich der Zustand. Erst bei sorgfältiger Betrachtung des Leitungsmusters werden solche Fehler erkannt. Die Rißstelle wird dann mit einem Glaspinsel gründlich gesäubert, falls der Lötlack durch die obengeschilderten Vorgänge ebenfalls beschädigt wurde. Mit frischem Flußmittel bestrichen, erhält die Rißlinie schnell einen neuen Zinnüberzug. In besonders ungünstigen Fällen, wenn ganze Leiter abgelöst sind, trennt man diese mit einer Rasierklinge

ab und ersetzt sie durch eine Brücke aus Draht von passender Dicke. Er sollte höchstens 0,4 mm Durchmesser haben, wenn ihn nur die Lötstellen halten. Ist Platz vorhanden, so bohre man eigene Aufnahmelöcher für die Drahtbrücke. Dann kann dickerer Draht verwendet werden. Manchmal läßt sich die Drahtbrücke auch leiterseitig in die zu verbindenden Lötstellenlöcher mit einführen.

Außer der Erkenntnis, möglichst breite Leiter mit großer Sicherheit auch gegen Fehler im Kleber vorzusehen, gewinnt man die: Eine Leiterplatte, wenn sie tragendes Konstruktionselement ist, muß stets beim Einbau den Verhältnissen entsprechend mechanisch genügend stabilisiert werden. Das kann durch Mehrpunktauflage, Einspannung auf einer größeren Linie oder auch durch Rahmenkonstruktionen geschehen bzw. durch aufgesetzte stabilisierende Winkel geringen Flächenbedarfs.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Scheu vor Reparaturen an Leiterplatten nach etwas Übung und bei genügender Sachkenntnis schnell verschwindet und daß damit viele der in den ersten Lebensjahren der gedruckten Schaltung geäußerten Bedenken gegenstandslos geworden sind, wozu sicher auch die Verbesserung der Halbzeugeigenschaften beigetragen hat.

7. EIN KURZWELLENAUDION IN MODERNER TECHNIK

Die Schaltung dieser speziell den Kurzwellenamateur interessierenden Baugruppe ist eine Übertragung des in [3] beschriebenen Grundgedankens auf höhere Frequenzen, ermöglicht durch die jetzt verfügbaren Transistoren etwa zehnfacher Grenzfrequenz gegenüber den in [3] verwendeten. Die dort gegebenen Hinweise bezüglich der Rückkopplung in der Nähe der Grenzfrequenz gelten also auch hier. Günstig wirkt sich der geringe Umfang des abzustimmenden Bereiches aus, wenn jeweils nur die Amateurbänder empfangen werden sollen. Das ermöglicht über den ganzen Bereich eine gute Entdämpfung, sobald das Rückkopplungsnetzwerk in seiner Phasendrehung und Übertragungsdämpfung dem einzelnen Transistorexemplar optimal angepaßt ist. Daher können Änderungen der Daten der in Bild 73 wiedergegebenen Schaltung manchmal von Nutzen sein.

Mit einer Reihe von Transistoren der Typen OC 871 und 872 war es mit dieser Schaltung noch möglich, das 25-m-Band zu empfangen. Als Antenne diente dabei ein 50-cm-Stab bzw. eine an das kalte Kreisende angekoppelte Rahmenwindung aus steifem Draht mit etwa 15 cm Öffnung. Die Verwendung eines Ferritstabes hängt von dessen Materialsorte ab. Speziell für Kurzwellenempfang hergestellte Stäbe erlauben Übergang auf Induktivitätsabstimmung und kommen selbst dann ohne Hilfsantenne aus. Der Drehko läßt sich hier durch einen Festkondensator ersetzen. Die angegebene Schaltung ist in ihren Daten veränderbar und kann sowohl fest für ein einziges Band ausgelegt als auch umschaltbar gestaltet werden. In diesem Falle stellt das in Bild 74 gezeigte Leitungsmuster den Kern der

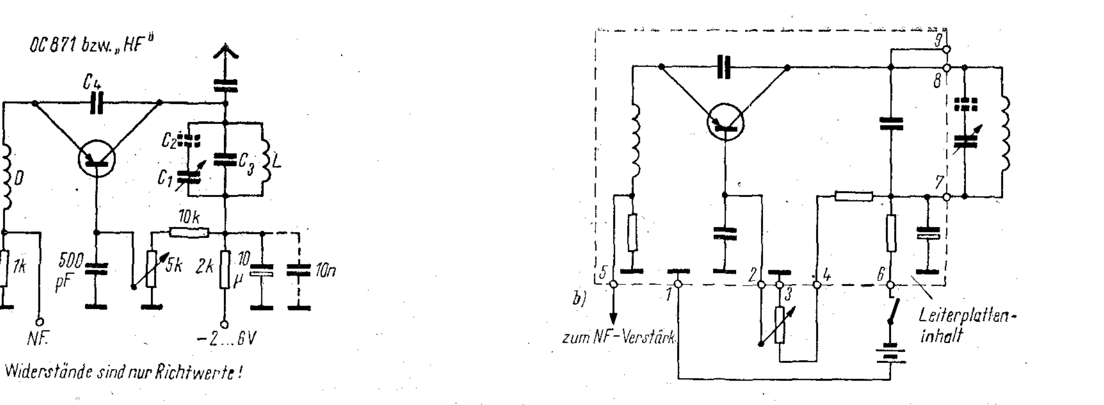


Bild 73 Kurzwellenaudion: a) Stromlauf; b) Stromlauf in Zuordnung zur Leiterplatte nach Bild 74. Genaue Werte von Transistorexemplar und gewünschtem Bereich abhängig. Richtwerte: C_1 80 pF, C_2 160 pF, C_3 20 pF, C_4 20 pF, D 100 µH (etwa 100 Wdg. 0,12 CuL in einer Kammer des Zweikammerkörpers aus dem Schalenkern 14 × 8, ohne Kern!), L 10 µH (35 Wdg. 0,3 CuL einlagig eng gewikkelt, ⌀ 10 mm). Mit Hilfsantenne oder einer am kalten Ende angekoppelten Rahmenwindung (minimal 15 cm ⌀) wird mit diesen Werten bei geeignetem Transistor noch das 40-m-Band erfaßt

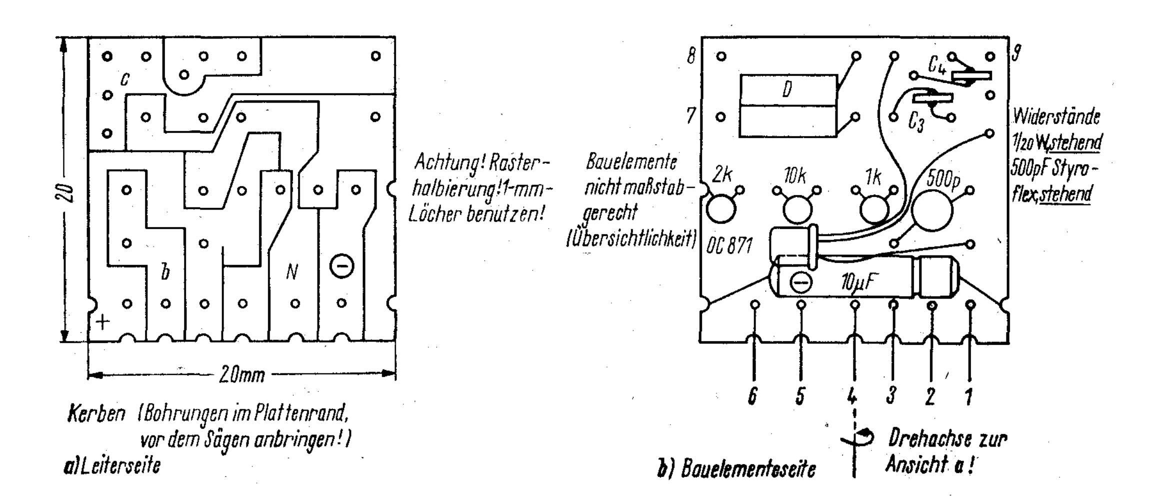


Bild 74 Leitungsmuster und Bestückungsplan für Audion nach Bild 73

Schaltung dar, die dann noch einen Umschalter der in Kapitel 3 beschriebenen Art erhalten muß. Es ist notwendig, außer den Daten des Kreises auch die der Rückkopplung über diesen Schalter dem gewünschten Band anzupassen.

Die dem Audion folgende NF-Verstärkung wird ebenfalls vom Einzelfall bestimmt. Für Kopfhörer genügen meist zwei Stufen. Bei Lautsprecherbetrieb empfiehlt sich die Anschaltung einer stromsparenden Gegentakt-Endstufe, deren raumsparender Aufbau heute durch die überall erhältlichen „Sternchen"-Übertrager K 20 und K 21 erleichtert wird. Ebensogut kann aber hier der Baustein nach Bild 55 und 56 eingesetzt werden.

Die NF-Stufen können auf der erweiterten Audionplatte selbst Platz finden (günstig für Kopfhörerbetrieb) oder z. B. aus einem Teil des Leitungsmusters von Bild 54 bestehen. So sind mit den bereits geschilderten Baugruppen beliebige Kombinationen möglich.

An dieser Stelle war ursprünglich die Beschreibung eines vollständigen Fuchsjagdempfängers in Leiterplattentechnik vorgesehen. Aus mehreren Gründen mußte dieses Vorhaben zurückgestellt werden. Der wichtigste Grund liegt in der Thematik. Der dem zweiten Teil dieser Broschüre vorbehaltene Inhalt, der die Handhabung der Leiterplattentechnik beschreibt, erwies sich schließlich als so umfangreich, daß der „Fremdkörper" Fuchsjagdempfänger den gegebenen Rahmen gesprengt hätte. Es erschien jedoch wichtiger, den Leser mit möglichst vielen Einzelheiten der neuen Technik vertraut zu machen. Dadurch ist er schließlich in der Lage, nicht nur einen Empfänger nach einem „Kochrezept" aufzubauen, sondern vielmehr selbständig, mit den vorliegenden zahlreichen Anregungen versehen, beliebige Geräte zweckgerecht zu entwerfen und zu realisieren. Daher wurde auch darauf verzichtet, für das zuletzt geschilderte Audion einen vollständigen

„Rahmen“ zu beschreiben, in dem es, zusammen mit NF-Stufen, Batterie und ggf. Lautsprecher, untergebracht werden kann.

Bald wird die Leiterplatte auch für den Amateur nur mehr ein normales Konstruktionselement sein. Die vorliegenden beiden Broschüren sollen ihm helfen, an dieser Technik nicht nur einfach als Anwender fremder Gedanken teilzunehmen, sondern auch als Gestalter eigener Ideen.

8. ANHANG

8.1 Einleitung

Der Broschüre liegt eine geätzte Leiterplatte bei. Wir verdanken diese Möglichkeit der PGH Funkmechanik Freiberg, die auf diese Weise wichtigen Anteil an der Aufgabe nahm, dem Amateur möglichst schnell die neue Technik nahezubringen.
Die beigelegte Platte enthält weder Lochungen, noch weist ihre Kontur den Endzustand auf. Beide Tatsachen besagen keineswegs, daß der Hersteller hier überfordert gewesen wäre. Sie sind vielmehr Ergebnis der Überlegung, daß mit dieser Platte möglichst viel von dem vorgenommen werden soll, was die vorliegende Broschüre beschreibt, so als wäre die Platte, entsprechend der Anleitung im ersten Teil, bereits eigener Herstellung entsprungen.
Daher beginnt man ihre Bearbeitung mit Feilen und Bohren. Wer noch keine Bohrmaschine besitzt, findet sicher leicht den Weg zum nächsten Zentralen Radioklub oder zum Klubkameraden.
Die fertig bearbeitete Leiterplatte läßt eine ganze Reihe von Varianten in der Bestückung zu. Es bleibt jedem Leser überlassen, welche er wählt und ob er es vielleicht später auch wagt, von einer auf die andere umzulöten. Die beigegebenen Stromläufe und Bestückungspläne müssen auf jeden Fall genau beachtet werden. Das Format der Platte wurde abgestimmt auf das Konsumgüterprogramm des VEB Werk für Fernmeldewesen Berlin, über das z. Z. die Fachpresse informiert. Die Einordnung der vorliegenden Platte in dieses System wird voraussichtlich Anfang 1964 bei dessen Vorstellung in der Reihe „Der praktische Funkamateur“ behandelt werden.

8.2 Die Schaltungen

Die Leiterplatte 2 UV1 (= zweistufiger Universal-Verstärker, erste Ausführung) bietet Raum für 2 Transistoren 30 bis 150 mW, 2 Elektrolyt-Kondensatoren 4 bis 10 μF 6/8 V (mit Folie oder Papier isoliert), 4 Widerstände $^1/_{20}$ W und 1 Diode OA 625 o. ä. Anschluß eines Lautstärkereglers zwischen erster und zweiter Stufe ist möglich. Die Werte

in den Schaltbildern sind nur Richtwerte! Die Größe von R 1 und R 3 (50 bis 500 kΩ) ist von Spannung und Transistor abhängig.
Die Bestückungspläne wurden leiterseitig dargestellt, um Verwechslungen in den Löchern möglichst auszuschließen. Außer der Möglichkeit, durch zweckmäßige Teilung zwei getrennte Platten für einstufige Schaltungen zu gewinnen, enthält die Leiterplatte je nach Lage der Bauelementeanschlüsse in den möglichen Lötstellen folgende Varianten:

zweistufiger Emitterverstärker (Bild 1 und 2);
Kollektor-Emitter-Verstärker (Bild 3 und 4, etwa 20 kΩ Eingangswiderstand, bei Umtausch der Stufen auch als Emitter-Kollektor-Verstärker benutzbar);
zweistufiger Kollektorverstärker (Bild 5 und 6, etwa 100 kΩ Eingangswiderstand);
Taschenempfänger für Ortssender (Bild 7 und 8; die Lautstärkeregelung ist sinngemäß auch in den anderen Schaltungen benutzbar).

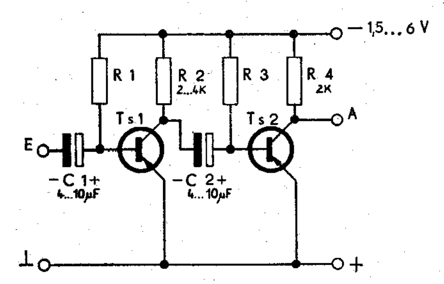


Bild 1 Zweistufiger Emitterverstärker, Stromlauf

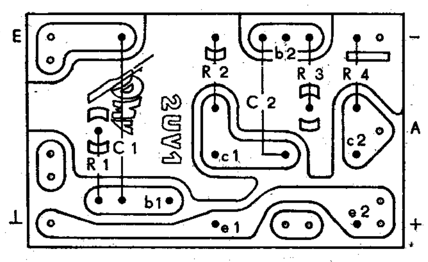


Bild 2 Zweistufiger Emitterverstärker, Bestückungshilfe (Leiterseite)

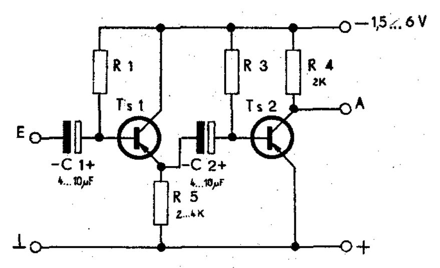


Bild 3 Kollektor-Emitter-Verstärker, Stromlauf

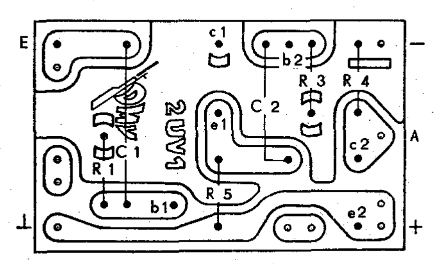


Bild 4 Kollektor-Emitter-Verstärker, Bestückungshilfe (Leiterseite)

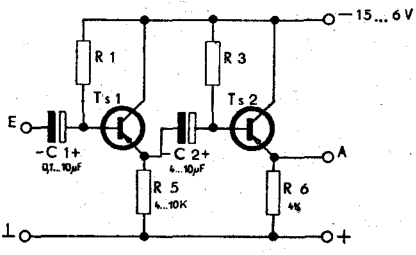


Bild 5 Zweistufiger Kollektorverstärker, Stromlauf

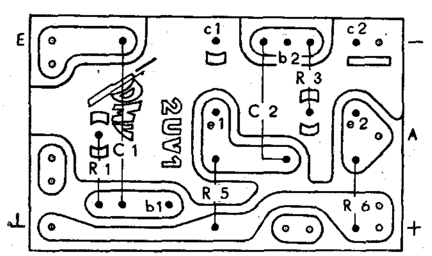


Bild 6 Zweistufiger Kollektorversärker, Bestückungshilfe (Leiterseite)

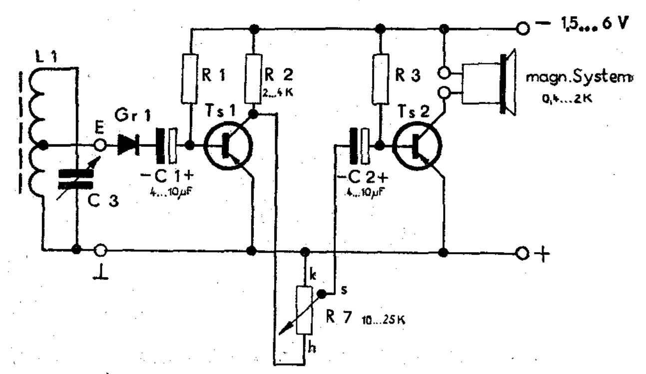


Bild 7 Taschenempfänger mit Kopfhörer für Ortssender (L I Ferritstab, Windungszahl und Wert von C 3 vom Sender abhängig, Anzapfung etwa bei w/3), Stromlauf. Lautstärkeregelung sinngemäß auch in den übrigen Schaltungen anwendbar

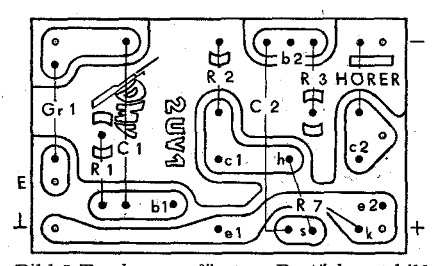


Bild 8 Taschenempfänger, Bestückungshilfe (Leiterseite)

Bei Einsatz von Transistoren der Bauform OC 870 erhält man für die bestückte Leiterplatte ein Volumen von nur 10 cm³ (1 · 2,5 · 4). Soll die Baugruppe steckbar ausgeführt werden, so sind mindestens die für die 1-mm-Stekkerstifte vorgesehenen Löcher statt 1,3 nur 1 mm groß zu bohren.

8.3 Hinweis

Zahlreiche Leserzuschriften zum ersten Teil der Broschüre zeigen, daß der Bezug von kupferkaschiertem Halbzeug vielerorts noch ein Problem zu sein scheint. Es sei daher nochmals darauf hingewiesen, daß über die Zentralen Radioklubs gemeinsame Bestellungen für den Versand lohnender Mengen, besonders der verbilligten zweiten Wahl, an die Absatzabteilung der Isolierstoff-Fabrik der LEW in Hennigsdorf bei Berlin gerichtet werden können. Dies kann auch dem örtlichen Fachhandel empfohlen werden. Bestellbezeichnung: Kupferkaschierter Schichtpreßstoff 1,5 mm. Das Halbzeug befindet sich außerdem schon seit längerer Zeit im Sortiment des RFT-Industrieladens Berlin, Königsberger Straße.

9. LITERATURHINWEISE

Aus der Fülle der Literatur zum Thema sei nur die herausgegriffen, auf der die beiden nun vorliegenden Broschüren aufbauten. Die teilweise dort entlehnten Bilder wurden mit freundlicher Genehmigung der Redaktionen „der funkamateur" und „radio und fernsehen" übernommen.

1 Seidel, G.: Gedruckte Schaltungen, VEB Verlag Technik, Berlin/Berliner Union, Stuttgart 1959

2 Schlenzig, K.: Technologie von Leiterplatten. In: „Nachrichtentechnik", H. 8 (1959), S. 339–342

3 Schlenzig, K.: Ein Transistoraudion in gedruckter Schaltung. In: „radio und fernsehen", H. 22 (1958), S. 661–664

4 Schlenzig, K.: Die gedruckte Schaltung in der Hand des Amateurs. In: „radio und fernsehen", H. 18 (1959), S. 581–585

5 Klaschig: Bauanleitung für einen einfachen Transistorempfänger. In: „radio und fernsehen", H. 19 (1960), S. 605–608

6 Schlenzig, K.: Bauanleitung für eine Transistor-Wechselsprechanlage. In: „radio und fernsehen", H. 3 (1961), S. 79–83

7 Linde, G.: Bauanleitung für einen Transistortaschenempfänger. In: „radio und fernsehen", H. 11 (1961), S. 335–336

8 Schlenzig, K.: Die Technik der gedruckten Schaltung. Serie in „der funkamateur", H. 6, 7, 8, 9, 10 (1961); H. 1, 2 (1962)

9 Ließ, W.: Optimale Raumausnutzung von Transistorschaltungen. In: „radio und fernsehen“, H. 6 (1960), S. 176

10 Schlenzig, K.: Die Anwendung von gedruckten Schaltungen durch den Amateur. In: „radio und fernsehen“, H. 12 (1961), S. 385–388

11 DM3YSF–DM3RSF–DM3ZSF: Versilbern – kein Problem. In: „der funkamateur“, H. 6 (1961), S. 204

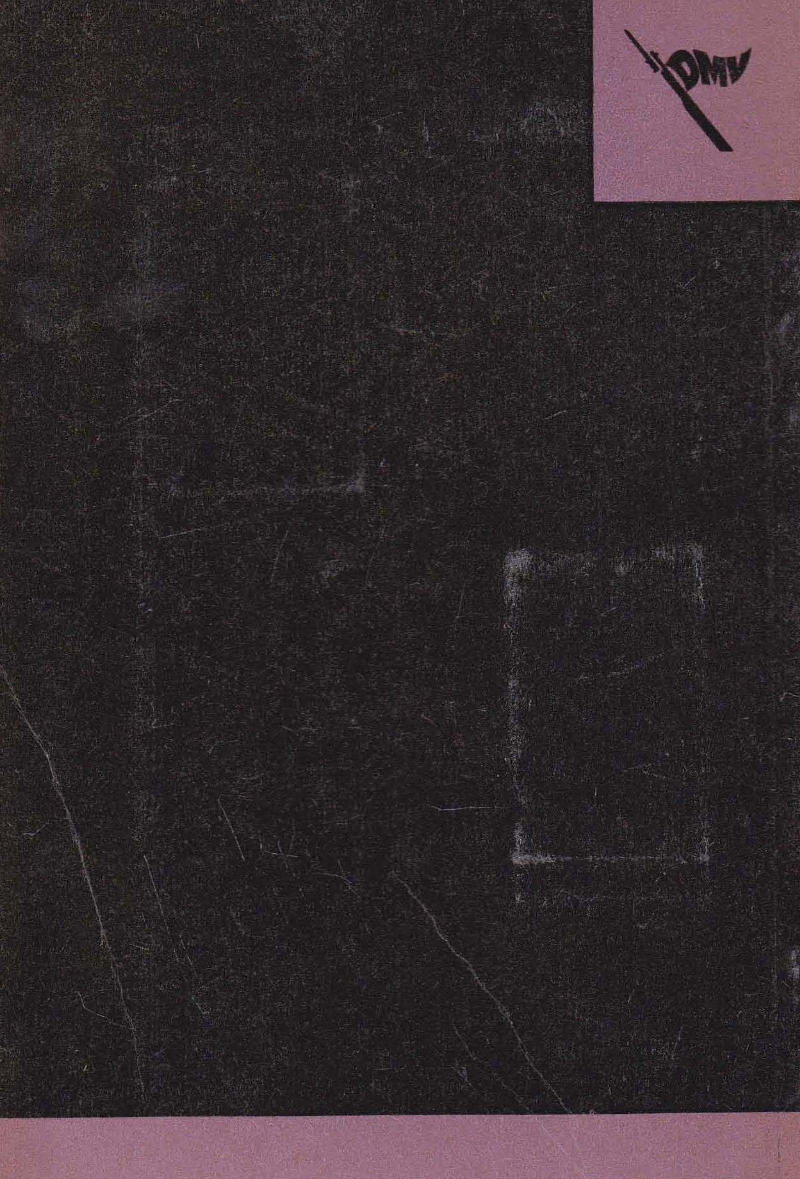
INHALT

Der praktische Funkamateur

Heft 1	K. Andrae	Der Weg zur Kurzwelle (3. Aufl. 1963)
Heft 2	M. Jakubaschk	Tonbandgeräte selbstgebaut (3. Aufl. 1962)
Heft 5	H. Brauer	Vorsatzgeräte f. d. Kurzwellenempfang (2. Aufl. 1962)
Heft 7	E. Scheller	Fuchsjagd-Peilempfänger Fuchsjagd-Peilsender (2. Aufl. 1962)
Heft 8	K.-H. Schubert	Praktisches Radiobasteln I (2. Aufl. 1961)
Heft 9	K.-H. Schubert	Praktisches Radiobasteln II (2. Aufl. 1961)
Heft 10	C. Morgenroth	Vom Schaltzeichen zum Empfängerschaltbild (2. Aufl. 1962)
Heft 11	Autorenkollektiv	Lizenzprüfung in Frage und Antwort (2. Aufl. 1963)
Heft 12	F. W. Fußnegger	Meßtechnik für den Kurzwellenamateur
Heft 13	K.-H. Schubert	Miniaturröhren und ihre Schaltungstechnik (2. Aufl. 1962)
Heft 14	H. Jakubaschk	Fernsehempfänger selbstgebaut (2. Aufl. 1962)
Heft 15	K. Rothammel	UKW-Amateurfunk (2. Aufl. – Doppelband – 1963)
Heft 16	K.-H. Schubert	Praktisches Radiobasteln III
Heft 17	Fischer/Blos	Transistor-Taschenempfänger selbstgebaut (3. Aufl. 1963)
Heft 18	H. Jakubaschk	Meßplatz des Amateurs
Heft 19	Th. Reck	Höchstfrequenztechnik und Amateurfunk
Heft 20	H. Jakubaschk	Transistorschaltungen I (3. Aufl. 1962)

Heft 21	O. Kronjäger	Formelsammlung f. d. Funkamateur (2. Aufl. 1963)
Heft 22	W. Schurig	Fernsehtechnik u. Fernsehpraxis
Heft 23	O. Morgenroth	Funktechnische Bauelemente Teil I (2. Aufl. 1962)
Heft 24	R. Schmidt	Schwingungserzeugung mit Elektronenröhren
Heft 25	K. Streng	Niederfrequenzverstärker
Heft 26	K. Schlenzig	Die Technik der gedruckten Schaltung für den Amateur Teil I
Heft 27	T. Pricks	UKW-Vorsatzgeräte Teil I
Heft 28	H. Jakubaschk	Elektronikschaltungen für den Amateur
Heft 29	K.-H. Neumann	Funktechnische Satellitenbeobachtung

1. — 15. Tausend
Deutscher Militärverlag, Berlin 1963
Lizenz-Nr. 5
Zeichnungen: Hildegard Seidler
Lektor: Sonja Topolov · Vorauskorrektor: Elfriede Sell
Korrektor: Ingrid Elsner · Hersteller: Jürgen Hecht
Gesamtherstellung: (204) VEB Graphische Werkstätten Berlin,
Werk I 15 3638
EVP: 2,50 DM



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG